

Støj fra menneskelig aktivitet

Et udredningsarbejde

Arbejdsmiljøinstituttet marts 2006

Forord

Den foreliggende rapport udarbejdet under projektet ”Støj fra menneskelig aktivitet. Et udredningsarbejde”. Projektet er blevet bevilget af Arbejdsmiljøforskningsfonden efter særligt opslag.

Formålet med udredningen er at give et overblik over den eksisterende viden om forekomsten og effekter af udsættelse for støj fra menneskelig aktivitet, dvs. støj i ikke-industrielle miljøer og som ikke hidrører fra maskiner. Udredningen tager sigte på at belyse sammenhænge mellem støjudsættelse i arbejdsmiljøet og en række forskellige auditive skader og non-auditive effekter knyttet til stress, mentalt helbred og produktivitet. Endvidere tager udredningen sigte på at vurdere betydningen af støj fra menneskelig aktivitet i et arbejdsmarkedsperspektiv, dvs. i forhold til tilknytningen til arbejdsmarkedet.

Rapporten er udarbejdet i et tværfagligt samarbejde med følgende deltagere:

Søren Peter Lund, projektleder, Arbejdsmiljøinstituttet

Jesper Kristiansen, Arbejdsmiljøinstituttet

Hitomi Shibuya, Arbejdsmiljøinstituttet

Thomas Clausen, Arbejdsmiljøinstituttet

Jan H. Pejtersen, Arbejdsmiljøinstituttet

Per Møberg Nielsen, AkustikNet A/S

Knud Skovgaard Nielsen, AkustikNet A/S

Henrik Kolstad, Arbejdsmedicinsk klinik, Århus

Torben Poulsen, Ørsted-DTU

Jens Holger Rindel, Ørsted-DTU

Jakob Christensen-Dalsgaard, Syddansk Universitet

Rapporten er udarbejdet med en række kapitler, hvor de enkelte forfattere hver i sær belyser problemstillingen fra en bestemt synsvinkel. Hertil følger sig et fælles sammendrag med anbefalinger om forskning og udvikling på forskellige områder af de områder, der er belyst i redegørelsen. Forfattergruppen vil gerne pointere, at der er enighed om formuleringen af sammendraget og dets anbefalinger. Det er endvidere forfattergruppens forhåbning, at rapporten kan finde generel anvendelse som en introduktion til støjproblemer og deres konsekvenser i det danske arbejdsmiljø.

Arbejdsmiljøinstituttet, den 31. marts 2006

Palle Ørbæk
Direktør

Indholdsfortegnelse:

Forord (1)

Sammendrag (2)

1. Støjproblemer i udvalgte brancher

- 1.1 Skoler (3)
- 1.2 Daginstitutioner (4)
- 1.3 Storrumskontorer (5)
- 1.4 Musik- og underholdningsbranchen (6)

2. Definitioner af støj

- 2.1 Hvad gør lyd til støj (7)
- 2.2 Støj og signal (8)

3. Støjmålinger (9)

4. Akustik (10)

5. Auditive effekter (11)

6. Non-auditive effekter (12)

7. Sociale konsekvenser (13)

Sammendrag

Baggrund

Støj er et velkendt problem i arbejdsmiljøet, men med klager fra nye faggrupper i daginstitutioner, skoler og storrumskontorer har støj fået ny aktualitet. Regeringen ønsker i tråd med Arbejdsmiljørådets indstilling at prioritere støj i bred forstand. Regeringens redegørelse har i sin prioritering også medtaget den generende støj, og dermed sættes der fokus på en påvirkning, hvis konsekvenser endnu ikke er fuldt afklarede, men som kan være til stor gene og som mange beskæftigede er udsat for. Problemerne med generende støj i arbejdsmiljøet forventes at være i stigning.

Støj i arbejdsmiljøet

Indsatsen mod støj i arbejdsmiljøet har primært været koncentreret om den høreskadende effekt. Grundlaget for indsatsen har været det gennemsnitlige energiækvivalente lydtryksniveau over en 8 timers arbejdsdag, kaldet støjbelastningen ($L_{Aeq,8timer}$). Støjbelastninger over 80 dB(A) kan give blivende hørenedsættelse.

Støjens effekt på hørelsen afhænger ikke alene af støjbelastningen (lydens energiindhold), men også af lydens frekvensindhold, variationen i lyden og indhold af impulser, ligesom andre risikofaktorer som rygning, opløsningsmiddeldampe, medicinindtagelse har betydning. Specielt ved lavere støjbelastninger – under 80 dB(A), som er relevante ved støj fra menneskelig aktivitet - viser nyere forskning, at effektivurdering entydigt ud fra støjbelastningen kan være utilstrækkelig.

Om en lyd er generende eller forstyrrende er resultatet af et komplekst samspil imellem selve lyden (f.eks. lydstyrken og indhold af rene toner), den sammenhæng i hvilken man udsættes for lyden (f.eks. om det er koncentrationskrævende arbejde eller om man skal kunne snakke ubesværet sammen), samt en række individuelle faktorer. Den distraherende og generende virkning af støj kan karakteriseres ved : Støjens fysiske karakter (lydniveau, frekvens, fluktuation, meningsindhold og akustik), psykosociale forhold i arbejdssituationen (fx manglende kontrol over lyden, manglende forudsigelighed, manglende mening, kognitive krav) og individuelle faktorer (fx høreevne, personlige ressourcer).

Udbredelse af klager over støj i det danske arbejdsmiljø.

I 1990 og 2000 oplyste henholdsvis 25% og 30% af danske arbejdstagere, at de var udsat for høj støj. Den generelle stigning fra 1990 til 2000 lader sig ikke umiddelbart forklare, men den kan skyldes en generel faldende accept af støj. Man kan pege på flere rimelige forklaringer på den øgede angivelse af støjproblemerne i arbejdsmiljøet, men vi har ikke et tilstrækkeligt grundlag for at vurdere den kausale sammenhæng mellem den faktiske støjudsættelse og den forøgede forekomst af klager over at være udsat for støj.

Pædagoger

Med en andel på 4 ud af 5 kom den højeste rapportering af udsættelse for høj støj i 2000 fra kvindelige pædagoger og pædagogmedhjælpere, og rapporteringen er steget fra et højt niveau allerede i 1990. På grund af relativt få mandlige ansatte på dette område foreligger ikke tilsvarende tal for mandlige pædagoger.

Der er udført målinger af støjbelastningen i børnehaver af BUPL og i Århus Amt. Undersøgelsen, der blev gennemført på foranledning af BUPL, viste gennemsnitlige støjbelastninger på 80 dB(A) i børnehaver og vuggestuer, og 82 dB(A) i skolefritidsordninger (SFO'er). Endvidere var støjbelastningen over 85 dB(A) for 20 % af målingerne i SFO'er, og for henholdsvis 7 % og 5 % af målingerne i vuggestuer og børnehaver. I undersøgelsen i Århus blev målt gennemsnitlige støjbelastninger på 83 dB(A) hos pædagogerne, og i omkring 20% af målingerne var støjbelastningen på 85 dB(A) eller mere. Blandt kvindelige lønmodtagere i NAK år 2000 hører pædagoger til de faggrupper, der har den største rapportering af nedsat hørelse, tinnitus og lydoverfølsomhed. De målte støjbelastninger kan imidlertid ikke forklare den høje rapportering af nedsat hørelse blandt pædagoger.

Akustikken, indretningen, lydkilderne samt pædagogiske og adfærdsmæssige forhold er sammen med antallet af børn pr. m² bestemmende for lydniveauet i institutionen. God akustik er en forudsætning for at opnå acceptable lydforhold. Opfyldelsen af Arbejdstilsynets og Bygningsreglementets minimumskrav sikrer ikke gode akustiske forhold, og og derfor bør anbefalingerne fra Erhvervs og boligstyrelsen bør følges. Der er udarbejdet mange redskaber i form af vejledninger, pjecer og hjemmesider til støtte i reduktion af støjniveauet, men der mangler grundige undersøgelser af langtidseffekten af forskellige tiltag.

Skolelærere

Både for mandlige og kvindelige skolelærere er der sket en stigning i rapporteringen af høj støj. I 1990 lå rapporteringen i NAK af høj støj på 44% for de kvindelige lærere og 33% for de mandlige lærere. I 2000 var tallene steget til henholdsvis 70% og 62%.

Der eksisterer ikke umiddelbart en entydig forklaring på, at skolelæreres rapportering af høj støj er steget så kraftigt i perioden 1990 til 2000, bl.a. fordi der ikke findes tilgængelige tal for støjbelastningen af danske skolelærere. Nylige målinger fra Sverige viser en generel lav støjbelastning i de svenske skoler set ud fra en traditionel vurdering af risiko for høreskader, men i forhold til behovet for ubesværet kommunikation er det forståeligt, at de svenske skolelærere klager over støjen ved arbejdspladsvurderinger. Den målte støjbelastning varierede mellem 66 og 74 dB(A) med et gennemsnit på 69 dB(A). I timer med praktisk undervisning som sløjd, hjemmekundskab, musik og idræt er niveauet højere, og kan for enkelte lærere nå et niveau lige over 80 dB(A), mens det gennemsnitlige niveau i timer med teoretisk undervisning var lavere (64 dB(A)). Tilsvarende niveauer er fundet i tyske undersøgelser, hvor man har målt gennemsnitlige støjbelastninger på 60-70 dB(A). Ved disse niveauer er der ikke forøget risiko for høretab. Niveauerne for støjudsættelse i svenske og tyske skoler ligger således ganske tæt, og der er ikke grund til at tro, at niveauet for danske skoler skulle afvige særlig meget fra dette.

En større tysk undersøgelse har vist, at de akustiske forhold har meget væsentlig betydning for oplevelsen af støjniveauet i klassen. Pædagogiske tiltag kan betyde en væsentlig støjreduktion, men den bedste støjreduktion opnås ved en kombination af akustiske og pædagogiske tiltag. Det væsentligste akustiske problem vedrørende klasseværelser er dårlig akustik med en generel meget høj efterklangstid, der medfører et relativt høj støjniveau fordi man skal tale højt for blive hørt.

Der synes at være flere årsager til skolelærernes store rapportering om støjproblemer. 40-45% af skolelærere organiseret i Danmarks Lærerforening var i 2005 over 50 år. Aldersbetingede ændringer i hørelsen medfører nedsat evne til at høre under støjfyldte forhold og er med til at reducere muligheder for at retningsbestemme lyden. Hermed øges følsomheden overfor støjens ikke-akustiske kvaliteter, hvilket kan medvirke til øget stress, træthed, hovedpine mm. Det skal understreges, at selvom de nævnte forklaringer forekommer rimelige, er de ikke funderet i gennemførte videnskabelige undersøgelser.

Storrumskontorer

Støj er en af de mest betydende gener i storrumskontorer. En nylig dansk undersøgelse viser, at antallet af klager over generende støj steg med antallet af personer i kontoret. På de største storrumskontorer (>28 ansatte) var over halvdelen af de ansatte generet af støj. Udenlandske og andre danske undersøgelser bekræfter, at støj er til betydelig gene i storrumskontorer. Telefoner, der ringer og andre personers samtale, er de støjklender, som opleves mest generende. I storrumskontorer oplever folk mindre privathed, fordi de er tilgængelige hele tiden, og de oplever, at det er svært at føre samtaler - specielt fortrolige samtaler. Desuden oplever ansatte i storrumskontorer mindre jobtilfredshed end ansatte i cellekontorer, og nogle studier peger på, at der er lavere produktivitet i storrumskontorer end i cellekontorer.

Ofte strider løsninger på støjproblemer i storrumskontorer imod de organisatoriske og arkitektoniske grundideer, der afspejler virksomhedens ønske om større åbenhed og fleksibilitet i både organisation og kontormiljø. Desuden strider kravene om privathed mod kravet om vidensdeling. Der er således et stort behov for at finde hensigtsmæssige løsninger på disse behov, der umiddelbart kan synes uforenelige.

Interventioner og praktiske erfaringer har vist, at støjproblemer i storrumskontorer kan reduceres med forskellige tiltag:

Lydudbredelsen kan optimeres ved akustiske forbedringer, herunder anvendelse af lydabsorberende lofts- og vægbeklædning, skærme, bløde gulvbelægninger og hensigtsmæssig møblering. Støjklender kan dæmpes f.eks. ved placering af de mest støjende kontormaskiner i særskilte rum. Endvidere kan man indrette kontorerne på en måde der fremmer et naturligt arbejdsfællesskab, og en mere hensynsfuld adfærd kan stimuleres, f.eks. vedrørende telefonering og normal samtale.

Hvis baggrundsstøjen reduceres forbedres taleforståeligheden, men oplevelsen af privathed reduceres. Paradokset er således, at en form for forbedring af lydforholdene kan medføre forringelse af andre forhold. Dette dilemma er nogle steder forsøgt løst ved at introducere en "behagelig" baggrundsstøj, som maskerer talen. Undersøgelser indikerer, at denne løsning kan forbedre effektiviteten, men virker trættende på medarbejderen. Metoden anvendes mange steder i USA og Canada, men ikke meget i Europa.

Call-centre udgør et særligt område under storrumskontorer, og de fleste forhold vedrørende storrumskontorer gælder også for call-centre. Hertil kommer det forhold, at de ansatte benytter headset med lydudsættelse direkte ind i øret. Behovet for at kunne høre, hvad der bliver sagt i telefonen gør, at man er nødt til at skruer op for lyden for at overdøve baggrundsstøjen i lokalet. Undersøgelser har vist at støjbelastningen under headsettet kan overskride støjgrænsen på 85 dB(A). En fransk undersøgelse finder imidlertid god effekt af en generel forbedring af akustikken i lokalet, fordi det giver mulighed for at sænke lyden i headsettet.

Andre brancher med støjproblemer

Der er publiceret adskillige udenlandske studier med fokus på støj på intensivafdelinger på hospitaler og stress hos personalet. Undersøgelserne peger på en sammenhæng mellem udsættelse for støj og selv vurderet og fysiologisk stress. Tilsvarende undersøgelser har ikke været foretaget i Danmark.

Musik- og underholdningsbranchen har særlige problemer med kraftig støj. Et større svensk projekt har vist anvendeligheden af en række tiltag til at reducere støjen på spillesteder med rytmisk musik, og et engelsk projekt har anvist forskellige muligheder og løsninger for symfoniorkestre. Det er dog uvist, om der foreligger tilstrækkelig viden til intervention overfor alle støjproblemer ved professionel musikudøvelse.

Akustiske omgivelser og målinger

Risiko for høreskade vurderes ved at måle den fysiske lydenergi, der rammer øret. Når man skal vurdere genevirkning af lyd, skal man også måle en række andre lyd karakteristika, og dertil vurdere individuelle forhold og den sammenhæng, den enkelte indgår i.

De akustiske omgivelser har stor betydning for, hvordan den enkelte medarbejder oplever sin arbejds situation. I skoler og specielt daginstitutioner skal rummene være godt akustisk dæmpet. Rent fysisk medfører en dæmpning af et rum, at lydniveauet dæmpes få dB, men i praksis vil dæmpningen være væsentligt større, fordi man hører hinanden tydeligere, og derfor ikke behøver at snakke så højt. Både i skoler, daginstitutioner og åbne kontorer er optimal akustik en forudsætning for at dæmpe støjen, men det er ofte ikke tilstrækkeligt til at løse alle støjproblemer. Det kan være nødvendigt også at dæmpe støj kilderne og gennemføre pædagogiske/arbejdsorganisatoriske tiltag.

Høreproblemer og tinnitus og lydoverfølsomhed

Omkring 10 procent af danskerne i den erhvervsaktive alder rapporterer, at de har problemer med hørelsen, tinnitus eller lydoverfølsomhed og disse problemer forstærkes ofte i støjfyldte omgivelser

En række undersøgelser viser en konsistent sammenhæng mellem støjbetinget hørenedsættelse og tinnitus, således at omkring halvdelen med støjbetinget høreskade også har tinnitus. Der foreligger ikke dokumentation for en sammenhæng mellem støjbelastning under 80dB(A) og høretab eller

tinnitus. I nogle tilfælde kan tinnitus og lydoverfølsomhed være knyttet til aldersbetingede ændringer i hørelsen eller øresygdomme, som også øger sårbarheden for støj.

I modsætning til støjbetinget høretab, der er defineret ud fra et audiogram, findes der ikke et tilsvarende mål for tinnitus og lydoverfølsomhed. Der er dog for nyligt blevet introduceret metoder til at måle tab af hørelsens dynamiske spændvidde, der bl.a. kommer til udtryk ved en nedsat evne til at høre under støjfyldte forhold. Disse undersøgelser har vist en sammenhæng mellem tab af hørelsens dynamiske spændvidde og henholdsvis tinnitus og lydoverfølsomhed, og åbner muligheder for at udforske eventuelle sammenhænge mellem støjudsættelse, målelige ændringer i høreevne og de oplevede symptomer på tinnitus og lydoverfølsomhed.

Gene, træthed og stress

Gene og distraktion er de mest direkte effekter af lave til moderate lydniveauer, herunder menneskestemmer. Stemmer er særligt generende og distraherende, dels fordi denne type lyd kan forstyrre tankevirksomhed og opgaveløsning, og dels fordi stemmernes emotionelle betoning kan give emotionel belastning.

Det gennemsnitlige lydniveau er af en vis betydning for gene og distraktion, men andre faktorer, inklusive arten af den igangværende aktivitet og sociale og psykologiske forhold, spiller også en væsentlig rolle. Forskellige studier har målt gene med forskellige redskaber, hvilket gør det svært at sammenligne resultaterne. Det er derfor ønskværdigt med et standardiseret mål for gene og forstyrrelse pga. støj. Undersøgelser tyder endvidere på, at subjektive holdninger til støjklenderne og arbejdsmiljøet har betydning for, i hvilken grad man føler sig generet af støj. Endvidere kan stress tænkes at modificere graden af oplevet gene ved støj, men der mangler undersøgelser, som dokumenterer denne alment oplevede sammenhæng.

Konsekvenserne af at føle sig generet eller distraheret af støj er relativt dårligt belyste, men der er dog indikationer af, at støj kan føre til øget træthed, anspændthed og andre uspecifikke symptomer, der samlet kan karakteriseres som mistrivsel. I adskillige studier har man fundet sammenhænge mellem udsættelse for støj og selvrapporteret stress og fysiologiske effekter relateret til stress.

Samspillet mellem støj og det psykosociale arbejdsmiljø er vanskeligt at karakterisere, fordi den måde man opfatter og reagerer på lyde blandt andet afhænger af ens mentale tilstand. Desværre mangler der undersøgelser, som belyser disse komplekse sammenhænge. Resultaterne i et enkelt studie tyder dog på, at støj i kombination med stress øger utilfredshed, reducerer engagement og øger selvrapporterede symptomer hos ansatte i et storrumskontormiljø.

Samlet set kan det konkluderes, at virkningen af at være generet eller distraheret af støj er dårligt undersøgt. På baggrund af den foreliggende, sparsomme viden kan gene og distraktion betegnes som ”kerne-effekter” af udsættelse for lav til moderat støj, og at disse effekter enten alene – men sandsynligvis snarere i samspil med psykosociale forhold og andre faktorer i arbejdsmiljøet – kan øge følelsen af træthed og stress og generelt påvirke trivslen i negativ retning.

Sociale konsekvenser

Gennemgangen af litteraturen på området viser, at de sociale konsekvenser – i form af sygefravær og udstødning fra arbejdsmarkedet – som følge af støj og nedsat hørelse i arbejdsmiljøet har været genstand for forholdsvis beskeden forskningsmæssig interesse. Den tilgængelige forskningslitteratur på området viser, at støj i arbejdsmiljøet har betydning for såvel mistrivsel, sygefravær som udstødning. I forhold til personer med hørerelaterede problemer, blev der ikke fundet nogen studier, der specifikt belyser relationen mellem hørerelaterede problemer og sygefravær, mens en nyligt publiceret undersøgelse viser, at personer med nedsat hørelse trækker sig tidligere tilbage fra arbejdsmarkedet end personer uden hørenedsættelse. Til gengæld findes en vis mængde litteratur, der belyser de beskæftigelsesmæssige og trivselsrelaterede konsekvenser af nedsat hørelse og tinnitus. Denne litteratur viser, at personer med nedsat hørelse har en lavere beskæftigelsesfrekvens end befolkningen som helhed, og at problemerne med at finde og fastholde et arbejde stiger i takt med hørenedsættelsens omfang. Herudover viser denne litteratur, at nedsat hørelse og tinnitus kan have klare trivselsrelaterede konsekvenser, hvilket tyder på, at disse problemer også vil have konsekvenser for sygefravær og udstødning fra arbejdsmarkedet.

Forsknings- og udviklingsbehov

Generelle forsknings- og udviklingsbehov

I det følgende fremhæves et række generelle forsknings- og udviklingsbehov relevante for en forebyggende indsats overfor arbejdsmiljøproblemer ved menneskeskabt støj. Rækkefølgen er ikke udtryk for en prioritering.

- **Kortlægning af støj og gener i arbejdsmiljøet**

Vi har begrænset viden om støjniveauer og forekomst af støjgener i det danske arbejdsmiljø. Der er et udtalt behov for kortlægning af et vidt spekter af brancher og fag hvor støj fra menneskelig aktivitet forekommer, men også i håndværksfag og indenfor industrien. Kortlægningen skal anvendes til at prioritere målrettede forebyggelsesindsatser og til at generere hypoteser om støjs genevirkninger.

- **Afdækning af arbejdsmiljøfaktorer og individuelle faktorer med betydning for at lyd opfattes som gene**

Den generende virkning af støj afhænger af faktorer relateret til støjens fysiske karakter og akustiske forhold, psykosociale forhold, og individuelle faktorer. I et forebyggelses- og interventionsperspektiv er det vigtigt at beskrive samspillet mellem disse faktorer i de konkrete situationer, hvor støj og støjgener er et problem i arbejdsmiljøet. Der er derfor behov for en forskningsindsats med henblik på en bedre forståelse af støj som årsag til gener og dermed til at intervenere og forbygge mod gener fra støj.

- **Belysning af sammenhænge mellem støjgener i arbejdsmiljøet, stress, mistrivsel og nedsat produktivitet.**

Der er behov for belysning af hvilke effekter støjgener kan medføre. I offentligheden er der eksempelvis en udbredt opfattelse af, at støj i ikke-industrielle arbejdsmiljøer kan medføre stresstilstande, men der er begrænset empirisk evidens for dette. Der er derfor et behov for at bidrage til den internationale forskning på dette område.

- **Vurdering af konsekvenser på hørelsen af støjbelastninger under 80dB(A)**

Det er uvist om støjbelastninger under 80dB(A) kan føre til tab af høreevne i form af funktionelle ændringer af hørelsen, uden at der kan konstateres målelige høretab ved hjælp af de traditionelt anvendte audiometriske målemetoder. Der er påvist ændringer af hørelsen, der viser sig som svigtende evne til at høre i baggrundsstøj og under vanskelige akustiske forhold, og disse ændringer synes i et vist omfang at være associeret til tinnitus og støjoverfølsomhed. Der er behov for at undersøge, om målinger af hørelsens tilpasningsevne er knyttet til støjudsættelse, samt i hvilket omfang målte ændringer kan forklare individuelle forskelle i støjfølsomhed.

- **Belysning af støjens betydning for sygefravær og arbejdsophør blandt ældre og hørerhandicappede arbejdstagere**

Den demografiske udvikling vil føre til stadig flere ældre på arbejdsmarkedet. Samtidig stiger de kognitive krav i mange arbejdsopgaver. Generende støj må derfor antages at blive et stigende problem for ældre arbejdstagere. Der mangler viden om det faktiske omfang og konsekvenser af dette problem bl.a. for ældre arbejdstagere. Det er derfor vigtigt at afdække hvorvidt støj og støjgener bidrager til sygefravær og tidligt arbejdsophør.

Brancherettede projekter på skole og daginstitutionsområdet

- **Afdækning af sammenhæng mellem udsættelse for støj, akustisk kvalitet og psykosociale belastninger og effekter i form af stress og høreproblemer hos pædagoger og skolelærere.**

I arbejdet som lærer og pædagog er der stort behov for god kommunikation. Samtidig klager disse faggrupper massivt over støj. Klagerne kan skyldes dårlig akustik, støjende børn eller reduceret høreevne – hvilket kan være et specielt problem for lærergruppen, hvor der er høj gennemsnitsalder.

- **Undersøgelse af effekten af foranstaltninger mod støj i skoler og daginstitutioner, herunder forbedring af akustisk kvalitet, pædagogiske tiltag og psykosociale forhold.**

I forbindelse med den kommende indsats mod generende støj vil der være rig mulighed for at gennemføre interventionsprojekter, hvor effekten af forskellige tiltag kan vurderes.

- **Arbejdsmarkedsrelationer og sociale konsekvenser af støj og høreproblemer hos skolelærere og pædagoger, herunder betydningen af dette for sygefravær og arbejdsmarkedstilknytning.**

Undersøgelser viser at disse grupper klager meget over støjforholdene, men det er uafklaret, hvordan dette sætter det sig igennem i form af sygefravær og tidlig afgang fra arbejdsmarkedet.

Brancherettede projekter for ansatte i storrumskontorer

- **Belysning af hvad udsættelse for støj, akustiske forhold og psykosociale belastninger betyder for mistrivsel og nedsat produktivitet ved kontorarbejde**

Der mangler i høj grad viden om konsekvenser af generende støj i storrumskontorer, og ikke mindst er der behov for at udvikle et mere nuanceret og mere standardiseret mål for genevirkningen af støj i storrumskontorer.

- **Udvikling af objektive kriterier til vurdering af akustisk kvalitet**

Der er behov for at udvikle objektive kriterier til at vurdere den akustiske kvalitet i storrumskontorer og i call-centre. Specielt er der behov for at fokusere på effekten af akustiske og organisatoriske løsninger i tråd med ”new office” tankegangen.

1. Støjproblemer i udvalgte brancheområder

1.1 Skole- og undervisningsområdet

Søren Peter Lund

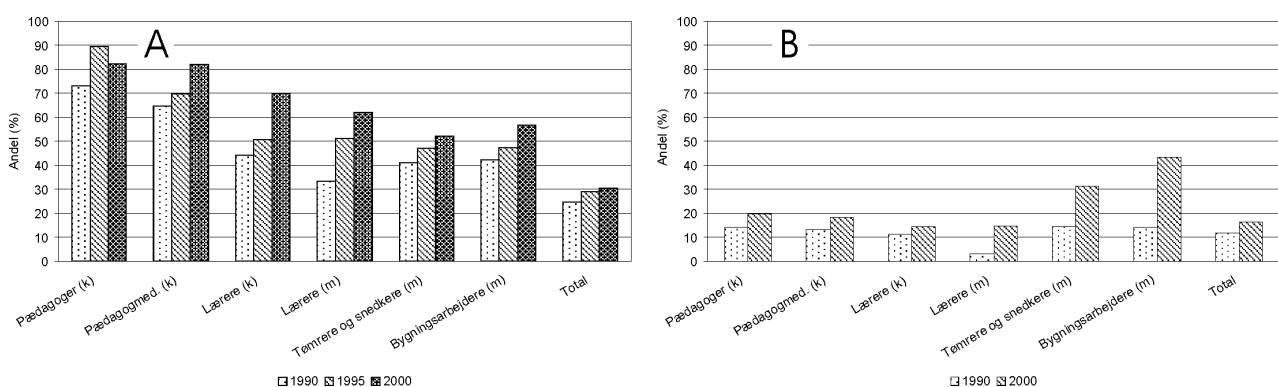
1.1 Indledning

Det Europæiske Arbejdsmiljøagentur (European Agency for Safety and Health at Work, EASHW) udgave i slutningen af 2005 en rapport om helbredsrisici ved støjudsættelse som den første i en tematisk serie om nye sektorer eller jobgrupper med særlige arbejdsmiljøbetingede risici ("Noise i figures", EASHW 2005). Rapporten peger på, at støjbelastning i klasselokaler er et overset problem.

I denne kapitel gennemgås først de tilgængelige viden om de danske skolelærers støjudsættelse og høreproblemer. Dernæst fremlægges resultater af en endnu ikke offentliggjort undersøgelse af det akustiske forhold og støjniveau i svenske klasselokaler, samt resultater af en anden svensk undersøgelse af støjgene og symptomer hos lærer og elever. Endvidere gennemgår vi en omfattende undersøgelse af det akustiske forhold og støjniveau i tyske klasselokaler, som også rapporterer forskellige typer interventioner for støjnedsættelse.

1.1.2 Rapportering af støj og høreproblemer blandt danske skolelærere.

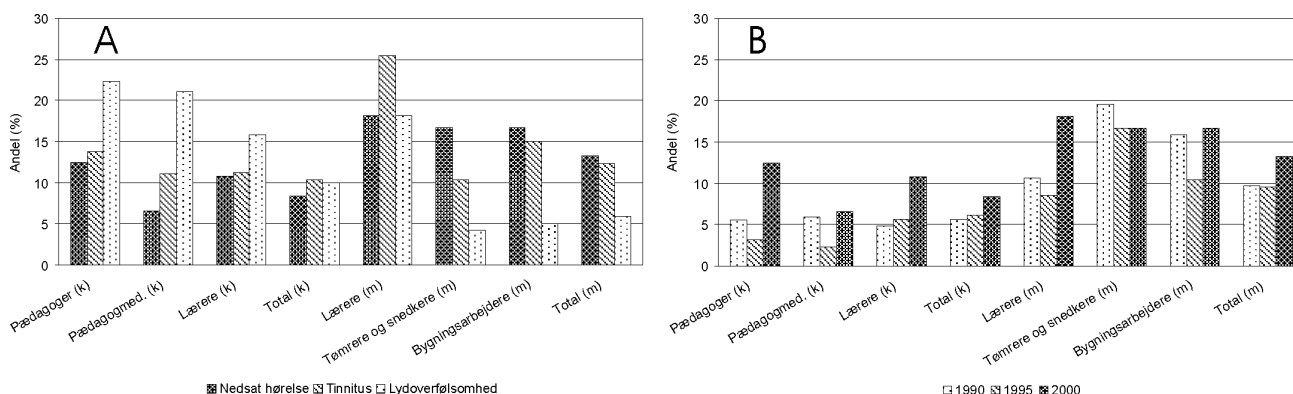
1.1.2.1 Spørgeskemaundersøgelsen den Nationale Arbejdsmiljøkohorte (NAK)



Figur 1A. Procentvis angivelse i NAK af spørgsmålet "Er du udsat for støj, der er så høj, at du må hæve stemmen for at tale sammen med andre?" for henholdsvis kvindelige pædagoger, kvindelige pædagogmedhjælpere og kvindelige skolelærere, samt mandlige skolelærere, tømrere og snedkere samt bygningsarbejdere i 1990, 1995 og 2000. **1B.** Procentvis angivelse i NAK af spørgsmålet. "Er du udsat for anden generende støj?" for sammen grupper i 1990 og 2000.

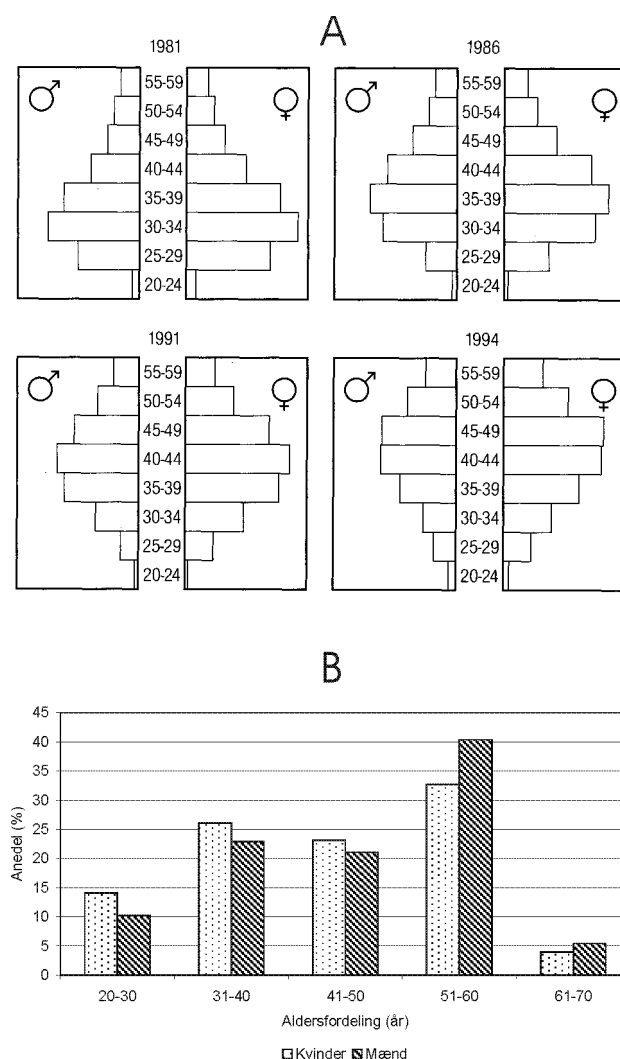
Da der ikke foreligger repræsentative målinger fra danske skoler og undervisningsinstitutioner, er NAK den eneste kilde til viden om støjudsættelsen på området. NAK er gennemført i 1990, 1995 og 2000, og alle tre gange er der spurgt til udsættelsen af høj støj og anden generende støj. Figur 1A angiver rapporteringen af høj støj. Skolelærere hører i 2000 til de grupper med den højeste andel, der angiver udsættelse for høj støj i mere end en fjerdedel af arbejdstiden. De mandlige skolelærere ligger på niveau med deres kvindelige kolleger i 1995, men lavere i henholdsvis 1990 og 2000. Figuren viser også, at der var en stigning i rapportering af støjudsættelse hos både mandlige og kvindelige skolelærere fra 1990 til 2000, som er mere markant i forhold til den generelle stigning af rapportering af udsættelse for høj støj fra ca. 25% i 1990 til ca. 30% i 2000. Figur 1B angiver rapportering af anden generende støj for de samme jobgrupper i henholdsvis 1990 og 2000. Hverken pædagoger eller skolelærere adskiller sig ret meget fra det generelle gennemsnit i 2000.

Både mandlige og kvindelige skolelærere er de grupper, der i 2000, sammen med kvindelig pædagoger og pædagogmedhjælper, har den største rapportering af lydoverfølsomhed (se Figur 2). Herudover er mandlige skolelærere den gruppe med den næsthøjeste rapportering af tinnitus. Endvidere angiver både mandlige og kvindelige skolelærere at have nedsat hørelse med større hyppighed end gennemsnittet for henholdsvis mænd og kvinder. Ser man på udviklingen i skolelæreres høreevne fra 1990 til 1995 (se Figur 2B), er de ikke dårligere stillet i forhold til gennemsnittet for henholdsvis mænd og kvinder. Fra 1995 til 2000, er der dog en markant stigning af angivelse af nedsat hørelse hos både mandlige og kvindelige skolelærere i forhold til gennemsnittet. Der blev ikke spurgt om lydoverfølsomhed i hverken 1990 eller 1995. Spørgsmålet i NAK vedrørende tinnitus blev ændret i 2000, og da det generelle gennemsnit samtidig blev fordoblet fra 5% i 1995 til 10% i 2000, kan ændringen af spørgsmålet i sig selv være årsag til den nævnte stigning. Man kan derfor ikke sige ret meget om den reelle udvikling i forekomsten af tinnitus i forskellige jobgrupper fra 1995 til 2000.



Figur 2A. Procentvis angivelse i NAK af spørgsmålene vedr. nedsat hørelse ("Har du nedsat hørelse i en sådan grad, at du har svært ved at følge med i en samtale, når der er flere samlet?"), lydoverfølsomhed ("Når du hører daglige lyde, fx stole der flyttes, klirren med bestik, lyse stemmer, hvor tit føler du så ubehag eller smerte?") og tinnitus ("Har du indenfor de sidste 3 måneder haft ringen eller susen for ørerne?") for henholdsvis kvindelige pædagoger, kvindelige pædagogmedhjælpere og kvindelige skolelærere, samt mandlige skolelærere, tømrere og snedkere samt bygningsarbejdere i 2000. **2B.** Procentvis angivelse i NAK af spørgsmålet vedr. nedsat hørelse for samme grupper som i 2A i henholdsvis 1990, 1995 og 2000.

Et væsentligt forhold omkring besvarelser om høreevne, tinnitus og lydoverfølsomhed er dog, at hørelsen forringes med alderen, og en øget rapportering kan være mere eller mindre betinget af ændringer i skolelærernes gennemsnitlige alder. Figur 3A viser ændring af aldersfordeling af skolelærere i Danmark fra 1981 til 1994. Figur 3B viser den aldersfordeling af skolelærere, organiseret i Danmarks Lærerforening (DLF) i 2005. Det er tydeligt, at skolelærer generelt er blevet i en stigende grade ældre i de sidste 25 år. I 2005 er ca. 40% af de kvindelige og 45% af de mandlige over 50 år. Stadig større andel af ældre lærere kan altså være en del af forklaringen for den større rapportering af høreproblemer hos skolelærere i 2000.



Figur 3A Lærere fordelt på køn og aldersintervaller fra 1981 til 1994. (Fra Hannerz et al., 2002)
3B. Lærere (aktive medlemmer af Danmarks Lærer Forening, DLF) fordelt på køn og aldersintervaller ved opgørelse pr. 01.11.2005.

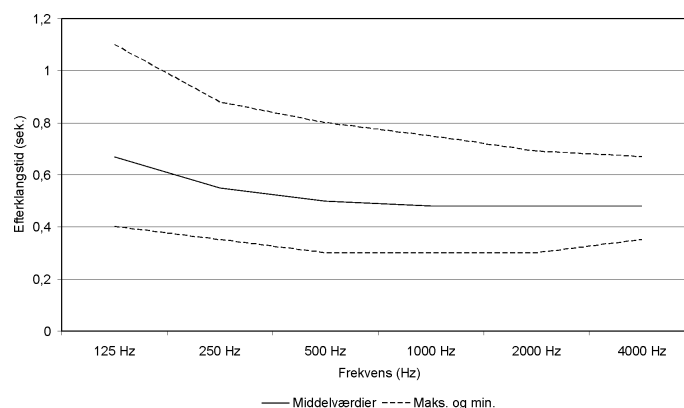
1.1.3 Undersøgelse af støjforhold i svenske skoler.

1.1.3.1. Arbejdsmiljöverkets kampagne mod støj i skoler

I januar 2005 besøgte det svenske Arbetsmiljöverket 500 skoler, forskoler og fritidshjem for at informere om de gældende arbejdsmiljøregler, samt for at kontrollere om der blev foretaget risikovurdering og for at iværksætte tiltag til afhjælpning og om de ansatte og elever bliver informeret om risici ved støj (Arbetsmiljöverket, 2006a). Baggrunden for indsatsen er, at lærerne angiver stigende besvær på grund af støj fra ca. 1,5 % i 1996/1997 til ca. 4,7% i 2002/2003, hvor andre erhverv ligger uforandret på ca. 0,5% gennemsnitligt for kvinder og ca. 2% for mænd.

Endvidere er der foretaget støjmålinger og akustiske målinger, som endnu ikke er publiceret, men Bengt R. Johanson fra Arbetsmiljöverket har stillet data fra målingerne til rådighed (Arbetsmiljöverket, 2006b). Der blev målt støjbelastninger på i alt 20 lærere og 28 elever, og målingerne blev foretaget, så personens egen tale ikke blev medregnet, idet målingerne i praksis blev lavet på en person, der konstant holdt i en afstand på 2 meter fra den pågældende forsøgsperson. For lærerne lå støjbelastningen mellem 66 og 74 dB(A) med et aritmetisk gennemsnit på 69 dB(A). Medregner man kun støjbelastningen i timerne, lå støjbelastningen mellem 63 og 73 dB(A) med et gennemsnit på 67 dB(A). De maksimale lydtryksniveauer lå mellem 93 og 106 dB(A). Ser man kun på teoriundervisningen, ligger lydtryksniveauet mellem 57 og 72 dB(A) med et gennemsnit på 64 dB(A). Ser man på klassekvotienter, stiger det fra ca. 63 dB(A) ved 10 elever til ca. 67 dB(A) ved 30 elever pr. klasse. Niveauet i sløjd, hjemmekundskab, musik og idræt ligger højere, og for enkelte lærere er støjbelastningen ligefrem over 80 dB(A). Men generelt ligger den støjbelastningen på svenske skoler på det niveau, der ikke giver anledning til høreskade. Såfremt lærere og elever i fritiden også er udsat for tilsvarende støjbelastninger, kan det måske nok give anledning til en vis bekymring, fordi hørelsen i så fald ikke får megen hvile.

Der blev endvidere foretaget akustiske målinger på 39 klasseværelser, samt på gymnastiksale, spisesale, opholdsrum og trapperum. Baggrundsniveauet i klasseværelserne ligger mellem 28 og 44 dB(A) med et gennemsnit på 35 dB(A). Der blev målt efterklangstider på mellem 0,46 og 1,1 sek. med et gennemsnit på 0,70 sek. (se Figur 4). Disse målinger viser, at der i visse klasselokaler er et meget højt baggrunds niveau og en lang efterklangstid i det lave frekvensområde. Efterklangstid er således i visse tilfælde højere end det tilladelige efter de nuværende danske normer, som er 0,6-0,9 sek. Klasselokaler med efterklangstider over 0,9 sek. kan ikke betegnes som egnede til undervisningsbrug. Der henvises til den tyske undersøgelse, der peger på efterklangstider i undervisningslokaler på under 0,4 sek. som ønskværdige.



Figur 4. Gennemsnitlige efterklangstider målt i 39 svenske klasseværelser. Data er stillet til rådighed af Bengt R. Johansson, Arbetsmiljöverket 2006.

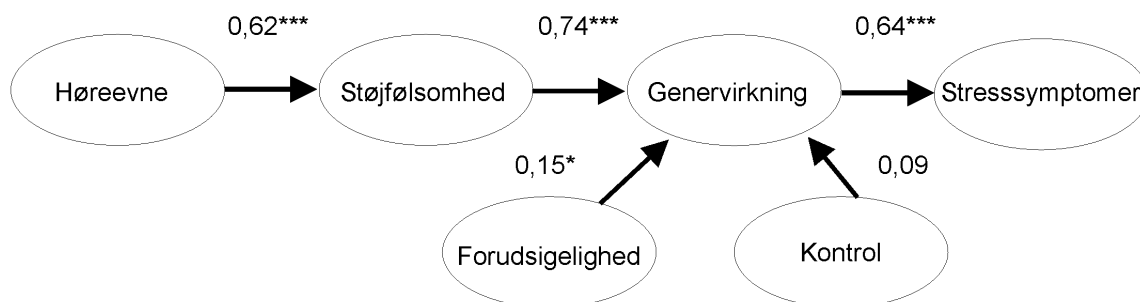
1.1.3.2 Doktorafhandling om støj i skolemiljøet.

I april 2004 forsvarede Eva Boman og Ingela Enmarker ved universitetet i Gävle deres disputats med titlen "Noise in the School Environment. Memory and Annoyance". Hovedfokus i afhandlingen var indflydelsen af støj fra irrelevant tale og trafikstøj på episodisk og semantisk hukommelse hos elever og lærere. Et andet centralt emne var indflydelsen af støj i skolemiljøet og hvordan lydmiljøet i skoler kan forbedres, og i den forbindelse blev elevers og læreres reaktionsmønstre på genestøj undersøgt med spørgeskemaer. Der blev i undersøgelsen ikke målt lydniveauer.

Hovedparten af både lærere og elever i undersøgelsen opfattede aktivitetsstøj i form af snakken, lyde fra skrabningen med stole og borde, som den mest forstyrrende støjkilde i skolemiljøet. Graden af distraktion afhang af opgaven og interessen i emnet. Lærerne var mere generet af støjen end eleverne og lærerne opfattede støjen som mere uforudsigelig end eleverne. Opfattelsen af, at kommunikation er besværliggjort på grund af høje lydniveauer, er højere hos lærere end hos eleverne. Lærerne angav også højere generelle støjgener end eleverne. Selvvurderet støjsensitivitet var højere hos lærerne end hos eleverne. Selvvurderet hørebevne var ringere hos lærerne end hos eleverne. For hovedparten af stress symptomerne var selvrapportering højere hos lærerne end hos eleverne. Endvidere rapporterede lærerne at have hyppigere søvnproblemer, og tinnitus samt anspændthed, og at være mere trætte efter arbejde end eleverne. Desuden selvvurderede generelle helbredsstatus var lavere hos lærerne end hos eleverne. Modsat rapporterede eleverne at være mere irritable end lærerne.

For at afklare om de disse forskelle skyldes forskelle i responsstrukturen i gener fra støj blev der opstillet en model gener og til validering af modellen blev der udarbejdet en faktoranalyse, og modellen blev derefter testet separat på henholdsvis elever og lærere. På trods af forskelle mellem elever og lærere kunne der opstilles en samlet model, som er gengivet i Figur 6. Modellen har statistisk signifikante koefficienter i et serielt arrangement, hvor Støjfølsomhed virker som mediator mellem Hørebevne og Genevirkning (Annoyance) med Stresssymptomer som slutresultat. Forudsigelighed og Kontrol indgår i modellen som moderatorer, men viser svagere korrelationer med Genevirkningen. Hverken for elever eller lærere havde mulighed for Kontrol signifikant korrelation med Genevirkningen. Selvom forudsigelighed og kontrol havde svag effekt på

vurderingen af støjens genevirkning, havde deres inddragelse betydning for modellens samlede tilpasning til data.



Figur 4. Fælles gene model for elever og lærere respons struktur for støjgener (annoyance). De enkelte tal angiver korrelationer for hver sti (path), og stjernerne angiver statistisk signifikans niveau: * $p < 0,05$ og *** $p < 0,001$. Modellen stemmer rimeligt med resultaterne, $\chi^2(455, N=349)=878,5$; $p < 0,000$; RMSEA=0,73. En RMSEA-værdi mindre end 0,5 indikerer en god modeltilpasning, mens værdier på op til 0,8 en rimelig tilpasning.

Forfatterne stiller sig selv spørgsmålet, om stress er et resultat af eller en determinant for oplevelsen af støjgener. Den afprøvede model peger på, at individer, der selv angiver at være mere støjfølsomme end gennemsnittet, er mere tilbøjelige til at vise stærkere respons på støjens genevirkninger. Undersøgelsen synes at pege på en klar årsagskæde mellem nedsat høreevne -> øget støjfølsomhed -> genevirkning af støj -> stresssymptomer, og at forudsigelighed af og kontrol over støjen ikke har nogen større betydning for denne årsagssammenhæng.

1.1.4 Undersøgelse af støjforhold i tyske skoler

1.1.4.1 Støj i undervisningsinstitutioner – BAuA undersøgelser.

Det tyske Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) har gennemført en stor undersøgelse om støj i skoler og gymnasier med titlen ”Støj i undervisningsinstitutioner – Årsager og intervention” (Schönewälder et al., 2004), der på forbilledlig vis afdækker problemer med støj i skoler. Første del af undersøgelsen blev publiceret i 2003 under titlen ”Krav og belastninger hos lærere” (Schönewälder et al. 2003). Denne del af undersøgelsen omfatter 108 kvindelige og 70 mandlige lærere på 3 skoler og 2 gymnasier i Bremen, og inkluderede en spørgeskemaundersøgelse vedrørende subjektiv stressoplevelse og stressfaktorer, samt et antal medicinske, psykologiske test og psykofysiske test, herunder længerevarende elektrokardiografi til vurdering af variation af hjerterytmen (Heart Rate Variability, HRV). Skoletimerne blev overvåget og optaget i mere end en uge per klasse. Enkelte lærere blev fulgt og deres aktiviteter noteret, og lydtryksniveauet blev optaget under visse undervisningstimer i klasseværelser, øvelseslokaler, gymnastiksale og under musikundervisning. Et bemærkelsesværdigt resultat var, at den psykofysiske ydeevne nedsættes fra dagens første time og gennem hele dagen hos højere andel af lærerne end af eleverne. Der var kun en relativt svag rekreation under pauser. Den psykofysiske ydeevne nedsættes fra dagens første time og gennem hele dagen. Lydtryksniveauet i undervisningstimerne overskrider anbefalede værdier for både mentalt arbejde som informationsarbejde. Denne del af undersøgelsen konkluderer, at lyd under undervisning har den

karakterer, der opfattes som støj og forårsager forstyrrelse. Støj angives at være en betydelig stressfaktor af 80% af lærerne (Schönwalder et al. 2003).

I opfølgningsprojektet blev årsager til og effekter af støjudsættelse i undervisningslokaler belyst. Undersøgelsen omfattede lærere og elever i alderen 6-16 år på 4 skoler og 1 gymnasium. Der blev foretaget akustiske undersøgelser af 30 klasselokaler med måling af efterklangstid og taleforståelsesindex, samt støjmålinger og observation af støjhændelser med to observanter i samlet 565 undervisningstimer fordelt på 1. til 10. klassetrin. Støjniveauet var gennemgående ikke særligt højt, og en støjbelastning 85 dB(A) blev sjældent nået, selvom det skete i enkelte tilfælde i forbindelse med praktiske fag som træ- og metalsløj. Støjbelastningen lå i gennemsnit på 60 til 85 dB(A), hvilket i undersøgelsen karakteriseres som ”medium støjniveauer”, men som lærerne finder forstyrrende og som de betegner ”stressinducerende”.

Undervisning er baseret på verbal-auditiv kommunikation, der vanskeliggøres af forstyrrende lyde, og konsekvenserne er kommunikationstab, forstyrrelse af mentale processer, øget stressoplevelse og høj grad af udmattelse. De målte lydniveauer overstiger flere gange det lydniveau, som anbefales ved kontorarbejde. I undervisningslokaler anbefaler Sust og Lazarus (1997) basale lydniveauer på 30-40 dB(A) og efterklangstider under 0,4 sekunder. WHO anbefaler baggrundsstøjniveauer på under 35 dB(A) i forbindelse med undervisningen (WHO, 2001). Størstedelen af de 30 undersøgte undervisningslokaler havde fejlbehæftet rumakustik. Der var en klar sammenhæng mellem støjniveauet og elevernes alder, idet yngre elever er mere støjende end ældre elever. Også lærerstaben adskiller sig meget på måden, hvormed de håndterer adfærdsproblemer. Skolerne med laveste støjniveauer, hvor der er fokus på social adfærd fra første skoledag, står i kontrast til skoler med de højeste støjniveauer, hvor der ikke anvendes en gennemgående tilgang til adfærdskontrol. På grund af det begrænsede antal undersøgte klasser var ovennævnte konklusion dog kun illustrativ, dvs. ikke statistisk signifikant.

Der blev foretaget audiometri på 28 kvindelige og 18 mandlige lærere i alderen 31-62 år, hvoraf 11 kvindelige og 4 mandlige lærere angav dårlig hørelse, fordelt med 3 kvindelige og 3 mandlige lærere med dårlig hørelse på begge ører, og de øvrige kun på et øre. Endvidere angav 6 kvindelige og 3 mandlige lærere at have tinnitus. De 46 lærere angives at udgøre en stikprøve, men hvordan udvælgelsen af stikprøven er foretaget beskrives desværre ikke. Gennemsnitsalderen i stikprøven er 49,8 år for de kvindelige og 51,8 år for de mandlige lærere, hvilket umiddelbart er mere gennemsnitlige alder på 45,5 år for danske skolelærere (DLF, 2005). Det rejser spørgsmålet om den udvalgte stikprøve er repræsentativt udvalgt. Ud af de 28 kvindelige lærere havde 15 hørenedsættelse på 25 dB eller mere ved 2 eller flere frekvenser på et eller begge ører. Tilsvarende blev der fundet på 14 ud af de 18 mandlige lærere. Såfremt de udvalgte lærere er repræsentative for deres aldersgruppe, er der tale om en massiv overhyppighed af hørenedsættelse hos lærere i 50 års alderen. Lærernes støjfølsomhed blev undersøgt ved besvarelse af et spørgeskema (31-59 år, n=79), og deres besvarelse blev sammenlignet med en kontrolgruppe af studerende (19-55 år, n=261). Lærerne lå gennemsnitlig mere end 10 punkter højere (94,7; max. 132; min. 42) end kontrolgruppen (83,5; max 141; min 20).

Intervention rettet mod akustiske forbedringer

Forbedring af det akustiske forhold blev foretaget hos 3 klasseværelser, således de overholdt normen for børn med nedsat hørelse (DIN 18041). Der blev foretaget en forøgelse af lydabsorption, som ville medføre en forbedring i støjniveauet på 3 dB(A), hvis lydkilden er uændret. Efterklangstiden blev således nedsat til under 0,4 sek. ved alle frekvenser mellem 125 og 8000 Hz. Disse

forbedringer af det akustiske forhold resulterede i forbedring af taleforståeligheden fra ”acceptabel” til ”meget god” samt en støjreduktion på 6 til 8 dB(A). Forbedring af taleforståelighed resulterede i nedsættelse af lydniveauet i børnenes tale, da de ikke længere behøver at tale så højt for at blive hørt. Derfor var den aktuelle støjreduktion større end beregnet. Reduktionen i lydniveau var ydermere størst i skolen med det højeste lydniveau, hvor det lå i gennemsnit på ca. 6 dB(A), mod gennemsnitligt kun 3 dB(A) i skolen med laveste lydniveau. Det basale lydniveau blev dog i begge skoler sænket 6 dB(A), hvilket er en substantiel forøgelse af signal-støjforholdet.

Pædagogiske tiltag

Baggrundsstøjniveauet var i næsten alle timer væsentligt højere end 30-40 dB(A), som er det rekommanderede niveau i arbejde med informationsdeling som eksempelvis klasseværelser. Forfatterne beskriver det målte støjniveau i timerne som værende alt for højt, men der var klare forskelle mellem individuelle timer, skoler, og ikke mindst mellem rum med samme akustiske forhold. I skolen med det laveste støjniveau havde man for adskillige år siden startet et fremadrettet projekt, hvor lærerstaben og skolelederen havde udviklet og introduceret adfærdstræning af nye elever. Træningen anvender visuelle og akustiske signaler med tilhørende adfærdsrutiner, og som øves med eleverne, og som anvendes og vedligeholdes af hele lærerstaben.

I en af de relativ støjbelastede skoler blev en intervention forsøgt. Der blev indført og øvet regler for at undgå støj, som også inkluderede anvendelse af en synlig lydmåler (SoundEar) som signalgiver. Ved slutningen af hver time blev der uddelt belønning for overholdelse af de aftalte adfældsregler. Der blev foretaget støjmålinger i før og efter indførelsen af disse pædagogiske tiltag. Det gennemsnitlige lydtryksniveau og spidsværdier blev begge sænket med ca. -0,5 dB(A), baggrundsstøjniveauet med 1-2 dB(A). I en klasse var effekten dog på ca. 4 dB(A) på de forskellige målinger. Interventionen havde en støjreducerende effekt, men den var relativt begrænset, sandsynligvis fordi alle lærere ikke var inddraget i projektet.

Intervention med både akustiske forbedringer og pædagogiske tiltag

Fire forskellige interventioner til sænkning af støjniveauet blev afprøvet:

- akustisk forbedring af to klasseværelser
- langvarig pædagogisk intervention til støjreduktion
- langvarig pædagogisk intervention til støjreduktion plus akustisk forbedring
- undervisning, implementering af regler, anvendelse af synlig lydmåler (SoundEar).

Der kunne måles forbedringer ved alle de nævnte interaktioner, men i varierende grad. Den væsentligste støjkilde er stemmer, og hvis man kan begrænse lydmissionen til kun nødvendig tale, så kan stemmerne dæmpes til et lavt niveau, og både elever og lærere kan nøjes med at tale relativt lavt. Dette har en virkning uanset akustikken i klasseværelset. Akustisk forbedring kan nedsætte efterklangstiden, så lyden hurtigere dør hen, og det betyder, at man ikke skal øge stemmens volumen for at blive hørt. Ved begge tiltag opnås en synergistisk effekt, der letter følgende:

- forbedret informationsoverføring
- mindre interferens med kognitive processer
- mindre belastning på lærerens stemme
- mindre træthed
- øget opmærksomhed.

Undersøgelsens hovedkonklusioner:

- Kun få klasseværelser kunne overholde den tidligere akustisk norm (DIN 18041, 1968; efterklangstid under 0,6 - 0,9 sek.) og ingen kunne overholde den aktuelle norm (DIN

18041, 2004; efterklangstid under 0,34 – 0,66 sek.). Baggrundsstøjniveauet i klasseværelserne lå i gennemsnit på 41 dB(A) med den højeste værdi på 52 dB(A) og den gennemsnitlige efterklangstid 0,72 sek. i tom tilstand til 0,61 sek. med fuldt elevantal.

- Det gennemsnitlige lydtryksniveau lå mellem 50-60 dB(A) under stille arbejde til 60-80 dB(A) under samtaler. Den mest betydningsfulde lydkilde var menneskestemmer.
- Lydniveauet afhang af elevernes alder, og yngre elever er mere støjende end ældre elever.
- Intensiv adfærdstræning ved indskoling har en støjreducerende effekt, mens adfærdsendringer af ældre elever har mindre effekt.
- Høreevnen var svækket hos en stikprøve af lærere med en gennemsnitsalder på ca. 50 år, hvilket øger deres støjfølsomhed ganske væsentligt.

Akustikken i klasseværelser er gennemgående dårlig, og forbedringer af den akustiske kvalitet i kombination med adfærdstræning tidligt i skoleforløbet er den bedste måde til at reducere støjniveauet i skolemiljøet. Hvis de akustiske forbedringer implementeres fra planlægningen af skolebyggeriet, betyder det næsten ingen økonomiske merudgifter.

1.1.5 Andre kilder vedrørende støj og akustik i klasseværelser.

1.1.5.1 Stemmeproblemer hos skolelærere.

I Finland har man i en meget grundig undersøgelse af 200 skolelærere fundet stemmeproblemer, der primært var knyttet til mangelfuld akustik i klasseværelser (Sala et al., 1998). I USA har man gennem en interviewundersøgelse fundet at lærere signifikant større risiko for at pådrage sig stemmeproblemer end andre (Roy et al., 2004). Lærere med undervisning i sang, drama og kemi havde større risiko for stemmeproblemer, mens lærere i undervisning i sproglige fag havde mindre risiko end andre lærere (Thibeault et al., 2004).

1.1.5.2 Andre kilder vedrørende støj og akustik i klasseværelser.

For at opnå fuldstændig forståelse af det tale hos normalhørende skal signal-støjforholdet, dvs. forskellen mellem talen og støjens lydtryksniveau, gerne være på mere end 15-18 dB(A) og WHO anbefaler et signal-støjforhold på mindst 15 dB(A). Hvis tale på 50 dB(A) skal være fuldt forståelig i en afstand på 1 m, skal baggrundsstøjniveauet ikke overstige 35 dB(A), og for sårbare grupper gerne lavere (WHO, 2001; WHO, 1999). EASHW (2005) angiver et signal-støjforhold på mindst 10 dB(A) for voksne, og gennemsnitlige lydtryksniveauer af den menneskelige stemme i en meters afstand til ca. 60 dB(A) ved normal konversation. Dette resulterer i anbefaling af et baggrundsstøjniveau på under 50 dB(A) for at undgå problemer med taleforståelse ved samtale blandt voksne. WHO anbefaler, at baggrundsstøjniveauet ikke overstiger 35 dB(A), og for sårbare grupper er lavere baggrundsstøjniveauer nødvendige. Hvis det ikke er muligt at møde de strengeste kriterier for sårbare personer i følsomme situationer (fx i klasseværelser), skal man tilstræbe så lavt et baggrundsstøjniveau som muligt (WHO, 1999). Dette svarer i det store hele til anbefalingerne fra Sust og Lazarus (1997) om baggrundsstøjniveauer på under 30-40 dB(A) i undervisningslokaler.

En Canadisk undersøgelse har gennemgået eksisterende data og peger på, at akustik i er et særligt stort problem i skoler bygget i 1960'erne og 1970'erne. I et typisk klasseværelse for elever i første klasse hører eleverne højst 2/3 af hvad læreren siger, men den sidste 1/3 drukner i dårlig akustik og

støj fra andre elever, eksterne støjkloder og ventilationsstøj (Picard & Bradley, 2001). En finsk undersøgelse har undersøgt lydtryksniveauet i klasseværelser (Pekkarinen & Viljanen, 1991). Her fandt man lydtryksniveauer under 35 dB(A) i tomme klasseværelser, og ekvivalentniveauer på 58 – 79 dB(A).

I England er myndighedskravene suppleret med en vejledning, der dels giver designmål for akustiske parametre, dels beskriver bygningskonstruktioner og lokaleindretninger, som kan opfylde disse designmål i praksis. Building Bulletin 93 (Shields et al., 2003) omhandler bl.a. isolering mod udefra kommende støj, anbefalede efterklangstider for rum til forskellige undervisningsformål, absorption i gangarealer samt støjniveau i lokalerne. De anbefalede efterklangstider gradueres efter elevernes alderstrin, så der stilles strengere krav til efterklangstiden for de yngste klassetrin, hvilket stemmer overens med at yngre klassetrin typisk støjer mere end ældre. Ud over lydisolering, støjniveau og efterklangstid, som også anvendes i de danske regler, introducerer Building Bulletin 93 kriterier for taleforståeligheden. For åben-plan undervisningslokaler anbefales det således, at STI-værdien (STI = taleforståelhedsindex) skal være over 0,6, og at dette sandsynliggøres ved computersimulering før ibrugtagning; desuden gives praktiske retningslinier for udførelse af kontrolmålinger efter ibrugtagning.

1.1.6 Danske krav og retningslinier

Kravene til danske undervisningslokaler findes i Arbejdstilsynets anvisninger om Akustik i arbejdsrum (AT anvisning 1.1.0.1., 1995), som angiver maksimale efterklangstider i frekvensområdet 125-2000 Hz i klasserum for særundervisning på 0,6 sek., i klasserum ikke til sang og musik på 0,9 sek. og gymnastiksale på 1,6 sek. Endvidere skal det ækvivalente absorptionsareal for lydabsorptionsmateriale være mindst 0,9 gange gulvarealet.

I Erhvervs- og Boligstyrelsens ”Vejledning om lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri” (2004) er de vejledende projekteringsværdier for lydforhold i skoler mv. skærpet, så den i klasserum er sat til $\leq 0,6$ sek. og i fællesrum til $\leq 0,4$ sek. Endvidere er absorptionsarealet i åbne undervisningsområder sat til 1,3 gange gulvarealet, mens det i fællesrum med rumhøjde over 4 meter og rumvolumen større end 300 m³ er reduceret til 1,2 gange gulvarealet. Desuden er baggrundsstøjniveauet, dvs. støjniveauet hidrørende fra tekniske installationer og trafik, fastsat til ≤ 30 dB.

1.1.7 Konklusioner

Skolelærere hører til blandt de jobgrupper, der i NAK har den højeste relative angivelse af udsættelse for høj støj. Og der var en stigning i rapportering af støjudsættelse hos fra 1990 til 2000, som er mere markant større i forhold til den generelle stigning. Der findes ikke tilgængelige målinger over støjniveauet i det danske skolemiljø. Der findes dog målinger fra svenske og tyske skoler. Niveauet for støjbelastning af svenske skolelærere er nyligt fundet til mellem 66 og 74 dB(A) med et gennemsnit på 69 dB(A). For tyske skolelærere er der målt gennemsnitlige støjniveauer på mellem 60 og 85 dB(A), hvoraf de højeste niveauer kun måles i praktiske værkstedsfag som sløjd. Mediane støjbelastninger i de tyske skoler blev målt til mellem 60 og 70 dB(A). Der er ikke megen grund til at antage, at støjforholdene for danske skolelærere adskiller sig fra henholdsvis svenske og tyske skolelærere. For enkelte lærere i værkstedsfag kan

støjbetingede høreskader ikke udelukkes, men ellers er der ikke grundlag for at antage, at støjbelastningen i danske skoler når direkte høreskadende niveauer.

Fra de svenske og tyske undersøgelser er det klart, at mange undervisningslokaler ikke har en tilstrækkelig akustisk kvalitet til at sikre et undervisningsmiljø med lavt støjniveau. Den tyske undersøgelse anslår, at støjniveauet og akustikken i de undersøgte undervisningslokaler tillader meget ringe taleforståelse. I henhold til den tyske undersøgelse, bør støjniveauet ikke ligge over 30-40 dB(A), som er det rekommenderede niveau i arbejde med informationsdeling (Sust & Lazerus, 1997; WHO, 2001). Det relativt høje støjniveau medfører et fald i den psykofysiske ydeevne fra dagens første time og fortsættende gennem hele dagen.

En svensk disputats vedrørende støj i skoler har fundet, at selvvurderet støjsensitivitet var højere hos lærerne end hos eleverne. Selvvurderet hørerevne var ringere hos lærerne end hos eleverne. Endvidere rapporterede lærerne at have hyppigere søvnproblemer, og tinnitus samt anspændthed, og at være mere trætte efter arbejde end eleverne. Desuden selvvurderede generelle helbredsstatus var lavere hos lærerne end hos eleverne. Denne undersøgelse fandt en signifikant sammenhæng mellem høreevne og støjfølsomhed som årsag til støjgener og med stress som resultat. Forudsigelighed og kontrol blev fundet at være relativt svage moderatorer af støjgenerne og dermed stress. Alligevel havde disse faktorer trods af den ret svage korrelation med støjgener betydning for den samlede tilpasning til de indsamlede data til den testede model.

De foreliggende undersøgelser peger på, at støj fra tale er den væsentligste støjkilde i skolemiljøet. Mange elever i klasser med dårlig akustik øger støjniveauet, bl.a. fordi en alt for lang efterklangstid tvinger både elever og lærere til at øge deres stemmевolumen for at blive hørt. Ved intervention mod de akustiske forhold kan man i praksis opnå at reducere støjniveauet med det dobbelte af, hvad der betinges af den fysiske dæmpning, fordi man ikke længere skal tale så højt for at blive hørt. De bedste resultater til støj dæmpning opnås imidlertid ved intervention med både akustiske forbedringer og pædagogiske tiltag. Der er ikke fundet belæg for, at støjen i skoler udgør et særligt område, hvor støjproblemer ikke kan reduceres efter hidtidig praksis. Eksempelvis havde pædagogiske tiltag i den tyske undersøgelse ikke nær så god effekt som akustisk forbedringer. God akustisk kvalitet er sandsynligvis en forudsætning for, at undervisningen kan forløbe på en rimelig måde for både elever og lærere.

Det kan naturligvis ikke afvises, at tilbagevenden til tidligere tiders strengere disciplin ikke vil kunne bidrage til lavere støjniveau, men med ændring i undervisningsformer og større krav til elevernes selvstændighed er det ikke anbefalelsesværdigt (Schick et al., 2000). Børn skal af hensyn til udvikling af deres kreative udvikling tillades at støje i et vist omfang, og derfor anbefaler Schick et al. (2000) at der primært sættes ind på forbedring af de akustiske forhold.

Skolelærere i Danmark og Sverige klager over høretab og tinnitus, og det er nærliggende at sætte disse klager i forbindelse med støjen og den deraf afledte stress. Den svenske undersøgelse, hvor øget støjfølsomhed som følge af nedsat hørelse viser, at høreevnen spiller en betydelig rolle for udvikling af støjgener og stress. De danske skolelærere er generelt blevet i en stigende grad ældre i de sidste 25 år. I 2005 op mod 40-45 procent af de danske skolelærere er over 50 år, og som følge deraf i en vis udstrækning må formodes at have en svækket hørelse. Frekvensen af tinnitus stiger med alderen, men samtidig er tinnitus ofte en følge ved en større fokusering på hørelsen. Det er almindeligt kendt, at tinnitus forværres under stress, men skolelærere er ikke udsat for stress alene på grund af udsættelse for støj, men også en række andre faktorer spiller her afgørende ind.

Problemet omkring støjniveauet i skoler og daginstitutioner har siden været behandlet i to danske artikler i henholdsvis "Børn og Unge" (Kristensen & Burr, 2004a) og "Folkeskolen" (Kristensen & Burr, 2004b). Disse artikler har fremsat den hypotese, at de nye støjproblemer synes at adskille sig fra industriens støjproblemer ved, at problemerne med støj fra børn er knyttet til nogle adfærdsmæssige og sociale konflikter, som ikke har en simpel, teknisk løsning. Derimod kræves der interventioner rettet mod at ændre menneskers adfærd. Den tyske undersøgelse viser imidlertid, at de bedste resultater mht. til støjreduktion primært opnås ved akustiske forbedringer i sammenhæng med pædagogiske tiltag.

Grundliggende foreligger der ikke viden om omfanget af støjudsættelsen, dens årsager og dens betydning i det danske skolemiljø. Den mest enkle hypotese er omkring skolelæreres problemer med høj støjudsættelse og høreproblemer med angivelse af hørenedsættelse, tinnitus og lydoverfølsomhed er, at de skyldes store krav til deres hørelse under dårlige akustiske og støjbelastede forhold. De ældre skolelærere må forventes at have de største høreproblemer og som følge deraf at være de mest støjfølsomme. Med alderen indtræder der ændringer i hørelsen, som medfører nedsat evne til at høre under støjfyldte forhold. Der synes at være store forskelle i de forskellige kilders angivelse af det acceptable støjniveau i klasseværelser, og det er i høj grad ønskeligt at der blev foretaget undersøgelser af dette, der samtidig inddrog forhold i høreevnen hos både elever og lærere, og som også inddrog høreproblemer hos ældre lærere.

1.1.8 Referencer

- Arbejdstilsynet. *Akustik i arbejdsrum*. At-anvisninger 1.1.0.1. November 1995.
<http://www.at.dk/sw5110.asp>
- Arbetsmiljöverket. *Arbetsmiljöverket inspekterar störande buller i skolan*. 2006a.
<http://www.av.se/Aktuellt/kampanj/buller.aspx>
- Arbetsmiljöverket. *Verksgemensamt projekt – Buller i skolmiljö*. 2006b. Under udgivelse. Personlig meddelelse fra Bengt R. Johansson, Arbetsmiljöverket.
- Boman E & Enmarker I. *Noise in the School Environment. Memory and Annoyance*. Doctoral Thesis. University of Gävle, 2004.
- Danmarks Lærerforening, 2005. <http://www.dlf.org/sitemod/upload/Root/Tabel1.doc>
- DIN 18041: *Hörsamkeit in kleinen bis mittelgrossen Räumen*, 1968-10. 1968.
- DIN 18041: *Hörsamkeit in kleinen bis mittelgrossen Räumen, Neufassung*. Saint Gobain/Ecophon 2004.
- Erhvervs og Boligstyrelsen. *Vejledning om lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri*. 2003. http://www.ebst.dk/file/1154/Ludforhold_undervisnings
- European Agency for Safety and Health at Work. *Noise in figures. Risk Observatory*. Schneider E, Paoli P, Bruin E (Eds.) 2005. <http://riskobservatory.osha.eu.int/publications/reports/6905723>
- European Agency for Safety and Health at Work. *Reducing the risks from occupational noise*. 2005. <http://riskobservatory.osha.eu.int/publications/reports/6805535>
- Hannerz H, Albertsen K, Tüchsen F. Hospitalizations among teachers in Denmark, 1981-1997. *Int J Occup Med Environ Health* 2002, 15: 257-266.
- Kristensen TS og Burr H. Den nye støj; Støj som pædagogisk problem. *Børn og Unge*, nr. 11, 2004. <http://www.boernogunge.dk/>
- Kristensen TS og Burr H.. Den nye støj. *Folkeskolen*, 4. marts, 2004. <http://www.folkeskolen.dk/>
- NAK, Den Nationale Arbejdsmiljøkohorte. 2000. <http://www.ami.dk/Nationale%20Data/NAK.aspx>

- Picard M & Bradley JS. Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology*. 2001. 40: 221-244.
- Roy N, Merrill RM, Thibeault S, Parsa RA, Gray SD, Smith EM. Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *J Speech Lang Hear Res*. 2004, 47:281-293.
- Sala E; Airo E, Lain A, Olkinuora P, Pentti J, Suonpää J. Vocal loading and prevalence of voice disorders of day care center personnel. In: *Noise Effects '98. 7th Intern. Congress on Noise as a Public Health Problem*. Carter N; Soames JRF (Eds.). Sydney, 1998. Vol. 1; pp: 385-388.
- Schick A, Klatte M, Meis M. Contributions to Psychological Acoustics. In: *Results of the 8th Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics*. Schick A, Meis M, Reckhardt C (Eds). pp. 533-569. Oldenburg, 2000. http://www.hoerzentrum-oldenburg.de/web/public_files/dokumente/schick_classroom.pdf
- Schönwälder H-G, Berndt J, Ströver F, Tiesler G. *Belastung und Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern*. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Fb 989. NW-Verlag. Bremerhaven, 2003.
- Schönwälder H-G, Berndt J, Ströver F, Tiesler G. *Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung*. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Fb 1030. NW-Verlag. Bremerhaven, 2004. http://www.baua.de/nr_28502/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Publikationen/Schriftenreihe/Forschungsberichte/2004/Fb1030.xv=vt.pdf
- Shiels B. & Hopkins C. *Acoustics in Schools – A design Guide*. Building Bulletin 93. Department for Education and Skills. 2003.
- Sust C & Lazerus H. *Auswirkungen von Geräuschen mittleren Intensität in Schule. Aus- und Weiterbildung (Hrsg)*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse 103. NW-Verlag, Dortmund, 1997.
- Thibeault SL, Merrill RM, Roy N, Gray SD, Smith EM. Occupational risk factors associated with voice disorders among teachers. *Ann Epidemiol*. 2004, 14: 786-792.
- WHO. Guidelines for community noise. WHO, Geneva, 1999.
- WHO. *Occupational and community noise*. Fact Sheet 258, 2001. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs258/en/>.

1.2 Daginstitutioner

Knud Skovgaard Nielsen og Per Møberg Nielsen.

1.2.1 Indledning

Op igennem 1990-erne kom der øget fokus på støjen i daginstitutionerne, særlig i forbindelse med indførelsen af pasningsgaranti og den deraf øgede indskrivning i mange institutioner. I 1998 iværksatte BUPL (Børne- og ungdomspædagogernes Landsforbund) og PMF (Pædagogisk Medhjælper Forbund) den første større kortlægning af støj (og indeklima) i daginstitutioner i Danmark. Efterfølgende har støjproblemerne ofte været eksponeret i medierne, og der er gennemført et stort antal projekter og udarbejdet vejledninger samt ide-kataloger med praktiske løsningsforslag til brug i institutionerne. I Sverige er der også gennemført flere undersøgelser, der kan forventes at reflektere forholdene i danske daginstitutioner.

1.2.2 Oplevede støjproblemer i daginstitutioner.

1.2.2.1 Spørgeskemaundersøgelsen den Nationale ArbejdsmiljøKohorte - NAK

I NAK undersøgelsen i 2000 (se kapitlet om skoler, figur 1) er kvindelige pædagoger og pædagogmedhjælpere den faggruppe, hvor der er flest som angiver, at de er udsat for høj støj - henholdsvis 82% og 81%. Disse procentsatser er steget fra et henholdsvis højt niveau i 1990 på henholdsvis 73% og 65%.

Pædagoger rapporterer ikke blot, at de er udsat for høj støj, men også at de har problemer med nedsat hørelse, tinnitus og lydoverfølsomhed (se kapitlet om skoler, figur 2). Blandt de kvindelige lønmodtagere i NAK år 2000 hører pædagogerne til blandt de faggrupper med størst rapportering af nedsat hørelse - med 13% . Med hensyn til tinnitus rapporterer 13% dette symptom, og med hensyn til lydoverfølsomhed ligger kvindelige pædagoger i top med 23%.

Tallene for rapportering af udsættelse for generende støj er betydeligt lavere. 20% af kvindelige pædagoger angiver i 2000, at de er udsat for generende støj, hvilket er en stigning fra 14% i 1990.

1.2.2.2 Spørgeskemaundersøgelsen i danske daginstitutioner

I 1998 blev der på initiativ af BUPL og PMF iværksat en stor spørgeskemaundersøgelse samtidig med at der blev foretaget målinger af indeklima og støjforhold (kilde BUPL, 1998). Ved spørgeskemaundersøgelsen besvarede 391 pædagoger i 170 institutioner spørgeskemaer om deres oplevelse af støjforholdene.

Med undtagelse af 6 personer, oplever alle pædagogerne, at der er støj på deres arbejdsplads. Ca. 72 % angiver, at de ofte oplever støj, mens knapt 27 % angiver, at de nu og da oplever støj. Mere end 80 % af pædagogerne, der arbejder i skolefritidsordninger, oplever ofte støj, mens det for ansatte i børnehaver og vuggestuer er hhv. 76 % og 56 %, der

ofte oplever støj.

Næsten alle pædagoger, der ofte eller nu og da oplever støj på arbejdspladsen angiver, at de bliver påvirket af støjen. Størstedelen - 86 pct. - af de pædagoger, der ofte eller nu og da oplever støj på arbejdspladsen vurderer, at støjen skyldes antallet af personer i rummene. Knap 70 pct. vurderer, at institutionens indretning har betydning for støjniveauet.

1.2.2.3 Spørgeskemaundersøgelsen i svenske daginstitutioner

Söderberg et al.(2001) undersøgte støjforholdene i 4 förskolor med ialt 16 afdelinger i Umeå. Undersøgelsen omfattede 62 personer, heraf 34 ”förskollärare” og 28 ”barnskötare”. Formålet med spørgeskemaundersøgelsen var et afdække, hvor meget støjen forstyrrer og hvilken træthedsoplevelse den medfører. Spørgeskemaundersøgelsen blev gennemført samtidig med, at der blev foretaget støjmålinger.

Besvarelsene af spørgeskemaerne gav følgende hovedresultater om graden af forstyrrelse og træthed; 100 % betyder: næsten uudholdeligt, mens 0 % betyder, at støjen knap bemærkes.

Støjkilde	Forstyrrende	Trættende
Børns leg og støj	97 %	95 %
Telefonsignaler	27 %	10 %
Andres samtale	21 %	18 %
Ventilationssystemet	19 %	15 %

Ikke uventet er børns leg og støj den dominerende parameter; denne støj forstyrrer og trætter i lige høj grad. Telefonsignaler opleves forstyrrende og i mindre omfang trættende. For telefonsignalerne er langtidseffekten således betydeligt lavere end korttidseffekten, medens det for de øvrige parametre gælder at korttids- og langtidseffekter er af samme størrelsesorden.

11 % af de adspurgte angav, at de tænkte på lyd flere gange pr. time.

De hyppigst rapporterede ”besvär under arbete” var:

% andel, der oplever besvær	Næsten dagligt	1 – 3 gange pr. uge
Træt i ørerne	37	31
Træthed	36	40
Stress	35	31
Skuldersmerter	29	25
Reduceret tålmodighed	23	19
Konflikter	23	16

1.2.2.4 Forskolepersonales subjektive erfaringer mht. lydforhold

Stubb (2004) har undersøgt, hvilke erfaringer forskolepersonale har med lydforhold i det daglige arbejde. Ved undersøgelsen interviewedes 5 personer. Et af undersøgelsens hovedresultater er, at ikke-fysiske forhold spiller en væsentlig rolle for, hvordan lydforholdene opleves. Samme støj kan

opleves vidt forskelligt afhængigt af i hvilken sammenhæng støjen forekommer, fx kan lyde, som er naturlige i forbindelse med spisesituationen, virke meget forstyrrende i andre sammenhænge. Undersøgelsen bekræfter, at ved kvantificering af støjgener, skal støjens fysiske karakter kombineres med andre parametre, der beskriver konteksten.

1.2.3 Lydmålinger i daginstitutioner

1.2.3.1 Landsdækkende undersøgelser 1998 og 2003

Ved BUPL og PMF undersøgelsen (Olsen et al. 1998) blev der foretaget lydmålinger i 49 vuggestuer, 52 børnehaver og 69 SFO'er. Målingerne blev foretaget som dosimetermålinger og verificeret med langtidsmålinger i faste positioner. Ud over målingerne af støjbelastningen blev der også foretaget målinger af rumakustikken.

Resultaterne af støjmålingerne viste, at personalet var udsat for følgende gennemsnitlige støjbelastninger:

Vuggestuer: $L_{Aeq, 8 \text{ timer}} = 80 \text{ dB}$

Børnehaver: $L_{Aeq, 8 \text{ timer}} = 80 \text{ dB}$

SFO: $L_{Aeq, 8 \text{ timer}} = 82 \text{ dB}$

Gennemsnitsværdierne dækker over store variationer. Der er således 20 af de i alt 170 institutioner, hvor den gennemsnitlige støjbelastning på en arbejdsdag er mere end 85 dB(A).

I rapporten estimeres også, hvordan støjbelastningen er fordelt for institutionerne. Tabellen viser procentandele, som overskrider hhv. 75, 80, 85 og 90 dB(A).

	Vuggestuer	Børnehaver	SFO'er
% over 75 dB(A)	96	95	96
% over 80 dB(A)	54	50	67
% over 85 dB(A)	7	5	20
% over 90 dB(A)	0,1	0,1	1,7

Det ses, at der i mere end halvdelen af vuggestuerne og børnehaverne findes en gennemsnitlig støjbelastning på mere end 80 dB, mens der i 5-7 pct. af disse institutioner må forventes en gennemsnitlig støjbelastning på mere end 85 dB.

Tabellen viser samtidig, at det må forventes, at det er i skolefritidsordningerne, at støjbekendtgørelsens grænseværdi oftest overskrides. I 67 pct. af de undersøgte institutioner blev der målt et gennemsnitligt lydtrykniveau på mere end 80 dB, og i 20 pct. mere end 85 dB.

Støjmålingerne blev for alle institutioner suppleret med måling af efterklangstiden. Målingerne viste følgende gennemsnitlige efterklangstider:

	Efterklangstid
Vuggestuer	0,45 sek
Børnehaver	0,41 sek
SFO'er	0,46 sek

Det fremgår, at den gennemsnitlige efterklangstid for alle 3 kategorier opfylder de gældende myndighedskrav (0,6 sek), men gennemsnitsværdierne opfylder ikke anbefalingerne i Erhvervs- og Boligstyrelsens vejledning (EBST, 2004) på 0,4 sek.

Antallet af institutioner, som ikke opfylder 0,6 sek-kravet er:

	Antal, $T > 0,6$ sek
Vuggestuer	7 af 49
Børnehaver	4 af 52
SFO'er	8 af 75
Ialt	11 %

Ikke overraskende var der god korrelation mellem støjniveau og efterklangstid. For vuggestuer var korrelationen dog ikke statistisk signifikant.

1.2.3.2 Opfølgnings målinger

Efter den store BUPL/PMF undersøgelse i 1998 blev der iværksat en lang række foranstaltninger for at dæmpe støjen i daginstitutioner i Danmark. For at evaluere effekten af disse foranstaltninger blev der i 2003 iværksat en mindre undersøgelse, hvor der blev målt i 6 vuggestuer, 8 børnehaver og 10 SFO'er, som også var med i den første undersøgelse (Voss, 2004; Voss, 2005). Målingerne blev foretaget i samme faste positioner som ved de tidligere målinger.

Der kunne registreres et statistisk signifikant fald i støjen for alle 3 kategorier af børneinstitutioner, primært i de mest støjende situationer. Det statistiske fald i støjniveauet udgør dog kun få dB.

1.2.3.3 Undersøgelse i Århus Amt

I en større tværsnitsundersøgelse i Århus Amt (Kock et al. 2004) blev der foretaget dosimetermålinger på 830 ansatte, hvoraf 40 var beskæftiget i daginstitutioner. Målingerne blev foretaget som uovervågede 24-timers målinger. Den gennemsnitlige støjbelastning af de beskæftigede i daginstitutionerne blev målt til 83 dB(A). Ved omkring 20% af målingerne var støjbelastningen på 85 dB(A) eller mere.

1.2.3.4 Lydmiljø i svenske ”forskoler”

I en større svensk undersøgelse, hvoraf spørgeskema-delen er beskrevet i afsnit X.2.3, blev der foretaget støjmålinger i 4 förskoler med i alt 16 afdelinger i Umeå (Söderberg et al., 2001).

Undersøgelsen omfattede 62 personer, heraf 34 ”förskollärare” og 28 ”barnskötare”. Målingerne blev foretaget som uovervågede dosimetermålinger. Hver målt person foretog registrering af dagens aktiviteter, der blev foretaget kontrollerende stationære målinger og bidraget fra egen tale blev vurderet.

Dosimetermålinger af støjbelastningen gav i gennemsnit følgende resultater for de 4 institutioner:

	Støjbelastning	Støjbelastning
--	----------------	----------------

	-middelværdi af gennemsnit. for 4 institutioner	– højeste og laveste gennemsnit for 4 institutioner
Förskollärare	76 dB(A)	74 - 77 dB(A)
Barnskötare	76 dB(A)	73 – 77 dB(A)

For 7 af de 62 personer var støjbelastningen over 80 dB(A). Ingen person fik målt en støjbelastning over 85 dB(A).

1.2.3.5 Hørenedsættelse og tinnitus

Nilsson (1998) har undersøgt lærere og pædagoger med tinnitus og høretab. Efterfølgende blev der foretaget målinger på de pågældendes arbejdsplads og konstateret L_{Aeq} på 80 – 85 dB.

1.2.3.6 Børnetæthedens indflydelse på lydmiljøet

Olsen et al. (1998) har undersøgt korrelation mellem støj og tilstedeværende antal børn. Undersøgelsen viste god korrelation mellem de registrerede støjniveauer, $L_{Aeq\ 1\ time}$, og hvor mange børn der var til stede. For alle 3 kategorier gælder, at korrelationen var særdeles signifikant, idet støjen øges med øget børnetæthed. Dette er mest markant for vuggestuer, hvor støjen vokser med ca. 10 dB pr. barn pr. m^2 (forudsat linearitet); for børnehaver og SFO'er vokser støjen med hhv. 2 dB og 2,5 dB pr. barn pr. m^2 .

Söderberg et al. (2001) konkluderer at børnetallet har væsentlig større indflydelse på lydniveauet. Statistisk er det konstateret, at støjniveauet i legerum steg med ca. 20 dB (fra 64 til 85 dB(A)) ved en fordobling af antallet af børn – fra 7 til 14. Tilsvarende stiger niveauet i spisesale med 16 dB (fra 62 til 78 dB(A)), når børneantallet øges fra 9 til 14. Støjniveauet for samtlige aktiviteter som helhed steg med 6 dB pr. fordobling af antallet af børn.

Landström et al. (2003) har specifikt undersøgt sammenhængen mellem børnegruppernes størrelse og den målte og oplevede støj i 3 forskoler i Umeå med ialt 9 afdelinger. Ved reduktion fra max 19 til max 16 børn pr. enhed kunne der ikke registreres målbar dæmpning af støjen. I frokoststuen steg støjniveauet med 3 dB pr. fordobling af antallet af børn, dvs. børnene taler med samme styrke uafhængigt af antallet.

Der kan være flere grunde til de forskellige resultater af de 3 undersøgelser. I nogle situationer kan det være nødvendigt at tale højt for at overdøve andre – og så taler de andre højere – og så bliver det nødvendigt at tale endnu højere for at blive hørt og på den måde kan der starte en ”støj-spiral”. Denne proces er væsentlig for det resulterende lydniveau. Der er også en række andre faktorer, der er bestemmende for om denne proces starter bl.a. om der er lille afstand imellem børnene, om der er dårlig akustik og om det i øvrigt er støjende børn. Disse forhold er ikke nærmere beskrevet i de 3 undersøgelser.

1.2.3.7 Akustikkens indflydelse på lydniveauet

Praktiske erfaringer viser, at akustikken har væsentlig indflydelse på det resulterende lydniveau i daginstitutioner.

Rent fysisk medfører forbedring af de akustiske forhold ved reduktion af efterklangstiden typisk en dæmpning på 2-4 dB for støjklilder med samme styrke (fx. maskiner), men hvis ”støjklilderne” er menneskestemmer, betyder bedre akustik, at også støjklidernes styrke reduceres. Pga. bedre taleforståelighed og øget afstandsdæmpning bliver det ikke nødvendigt at tale så højt for at blive hørt eller for at overdøve andre. Effekten bliver derfor væsentlig større end den rent fysiske dæmpning af lokalet medfører - ofte opnås en dæmpning af det samlede niveau på 4-8 dB. Det er samme mekanisme, som blev beskrevet i forbindelse med børnetallets indflydelse på lydniveauet.

1.2.4 Danske krav og retningslinier

1.2.4.1 Rumakustik

I Bygningsreglementet (BR 1995) og Arbejdstilsynets anvisning (1.1.0.1, 1995), stilles der krav om en efterklangstid på højst 0,6 sek. Der er blandt akustikere bred enighed om, at dette ikke sikrer acceptable akustiske forhold i støjbelastede daginstitutioner. I Erhvervs- og Boligstyrelsens vejledning, *EBST 2004*, er der udarbejdet anbefalinger til akustiske krav i daginstitutioner. Heri foreslås en efterklangstid på maksimalt 0,4 sek. For store rum med loftshøjde over 4 m og volumen over 300 m³ suppleres med minimumskrav til det samlede absorptionsareal.

1.2.4.2 Støjniveau

Ifølge gældende regler må støjbelastningen på en arbejdsdag ikke overstige 85 dB(A), som er både grænseværdi og øvre aktionsværdi. Er støjbelastningen over den nedre aktionsværdi på 80 dB(A), skal de ansatte bl.a. have tilbudt høreværn.

1.2.5 Støjdæmpning i daginstitutioner

Efter at der kom fokus på støj i daginstitutionerne, har der været megen aktivitet med at dæmpe støjen i danske daginstitutioner. Der er udarbejdet infomateriale i form af vejledninger, idékataloger, afholdt infomøder, etableret hjemmesider og iværksat forskellige typer af støjdæmningsprojekter.

Der er tre hovedparametre, som har betydning for støjen i børneinstitutioner:

- de fysiske rammer
- antallet af børn
- social adfærd.

Det har stor betydning for at opnå gode resultater i støjdæmningsarbejdet, at det organiseres hensigtsmæssigt, bl.a. har støjvogterprojektet i Roskilde kommune og tilsvarende projekter i

Københavns og Aarhus kommune gjort væsentlige erfaringer med dette. APV-en kan også anvendes til at sætte fokus på støjforholdene.

Støjdæmpningsarbejdet kan opdeles i 4 typer af tiltag:

1. Akustik: God akustik er en absolut forudsætning for at dæmpe støjen og etablere gode lydforhold.
2. Indretning: Støjen kan eksempelvis dæmpes ved hensigtsmæssig opdeling af støjende og ikke støjende rum og aktiviteter.
3. Dæmpning af kilder: Undersøgelser af hvornår og hvordan støjen opstår, kan ofte lede til effektive og endog meget billige løsninger.
4. Pædagogiske tiltag: Pædagogik og adfærd har væsentlig indflydelse på det resulterende lydniveau i institutionen. Der er udviklet systematiske metoder til hjælp i dette arbejde. Mange institutioner har anskaffet ”Sound-Ear” som led i dette.

1.2.6 Konklusion

Støjen opleves som et stort problem i mange danske daginstitutioner. Kvindelige pædagoger er således den faggruppe i NAK, der klager mest over støj og har den største rapportering af nedsat hørelse, tinnitus og lydoverfølsomhed.

I nogle daginstitutioner er støjbelastningen så stor, at der er øget risiko for at tildrage sig en skade på hørelsen. Mange steder er lydforholdene således, at de kan betegnes som kraftigt generende.

Akustikken, indretningen, lydkilderne samt pædagogiske og adfærdsmæssige forhold er sammen med antallet af børn pr. m² bestemmende for det resulterende lydniveau i institutionen.

God akustik er en forudsætning for at opnå acceptable lydforhold. Opfyldelsen af arbejdstilsynets og Bygningsreglementets minimumskrav sikrer ikke gode akustiske forhold. Anbefalingerne fra Erhvervs og boligstyrelsen bør følges, hvis der skal sikres gode akustiske forhold.

Der er udarbejdet mange redskaber i form af vejledninger, pjecer og hjemmesider til støtte i støjdæmpningsarbejdet, men der mangler grundige evalueringer og undersøgelser af langtidseffekten af forskellige tiltag.

1.2.7 Referencer

- At-anvisning Nr. 1.1.0.1, 1995, Akustik i arbejdsrum. Arbejdstilsynet.
- BUPL (1998). Støj og indeklimate. Rapport om støj og indeklimateforhold i danske børneinstitutioner. BUPL 1998.
- Bygningsreglement, 1995, Kapitel 9; Lydforhold. Byggestyrelsen.
- Erhvervs- og Boligstyrelsen (2004). Vejledning om lydforhold i undervisnings- og daginstitutioner. EBST, 2004.
- Kock S., Andersen T., Kolstad H.-A., Kofoed-Nielsen B., Wiesler F. og Bonde J.P. (2004). Surveillance of Noise Exposure in the Danish Workplace: a baseline survey. Occupational and Environmental Medicine, **61**, 2004.
- Landström U., Nordström B., Stenudd A. og Åström L. (2003). Effekter av barngruppernas storlek på buller och upplevelser bland personal inom förskolan. Arbetslivsrapport nr. 2003:6 (ISSN 1401-2928). Arbetslivsinstitutet.
- Nilsson P. (1998) Noise-induced hearing loss and tinnitus in kindergarten teachers. 7th International Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney 1998

- Olsen L, Collet P.F., Voss P. og Saleh P.A. (1998). Støjforhold og indeklime i vuggestuer, børnehaver og skolefritidsordninger. Teknologisk Institut/BUPL
- Söderberg L, Landström U, Kjellberg A (2001). Ljudmiljön i förskolor och dess inverkan på upplevelse och hälsa bland personal. Arbetslivsrapport nr. 2001:11 (ISSN 1400-8211). Arbetslivsinstitutet.
- Stubb A. (2004). Preschool Teacher's subjective Experience of the Sound in their Working Environment. Umeå University.
- Voss P. (2004). Lydforhold i børneinstitutioner. Indeklima, trivsel og sikkerhed - Hæfte 3 - BØRNEINSTITUTIONER – BYGGERI OG INDRETNING. Kroghs Forlag
- Voss P. (2005). Noise in children's daycare centers. Magazine of the European Agency for Safety and Health at Work, No. 8. 2005.

1.3 Storrumskontorer

Jan Hyld Peitersen

1.3.1 Indledning

Det var først i slutningen af 1800 tallet at deciderede kontorbygninger begyndte at skyde op i centrum af de større byer i USA (Sundstrom, 1986). Der var stor konkurrence om kvadratmeterne i centrum, hvor handlen foregik og specielt konkurrence om stueetagen, hvor forretningsfolkene holdt til. Da der ikke var mulighed for at udbygge horisontalt blev bygningerne højere og i starten var det billigere at leje lokaler jo højere oppe man kom, da det var besværlig at bestige trapperne. Med opfindelsen af personelevatoren omkring 1870'erne blev kontorerne med ét flyttet fra gadeplan til de højere etager og pludselig var det kontorerne på de øverste etager væk fra det støjende og støvede gadeplan, der var de mest attraktive.

En af de første bygninger som blev designet med storrumskontorer menes at være en bygning i New York opført af Arkitekten Frank Lloyd Wright i 1904. Denne type storrumskontor havde den klassiske indretning som man stadig ser i klasseværelser, med borde på ræd og række og blev hurtig populær i kontorbygninger (Sundstrom, 1986). I denne kontortype sad dog udelukkende kontor-assistenten og sekretærer, mens lederne havde deres eget private kontor. I 1960'erne blev det åbne kontorlandskab eller 'Burolandschaft', som havde sine rødder i Tyskland, populært i USA. Forskellen var at i det åbne kontorlandskab var arbejdspladserne arrangeret i små grupper for at få den mest optimale arbejdsgang og kommunikation i kontoret, og alle inklusiv ledere sad i det åbne kontorlandskab. I det originale design fra Tyskland var der ikke støjskærme mellem arbejdspladserne, men støjskærme blev hurtigt kendetegnet for det åbne kontor i 1960'erne. Selvom den originale ide med det åbne kontorlandskab tog udgangspunkt i arbejdets organisering og fremme af den interne kommunikation, så opførte mange virksomheder storrumskontorer ud fra en anden filosofi, idet kontorerne generelt var billigere, de krævede færre kvadratmeter per person, og de var mere fleksible i forbindelse med ombygning og vedligeholdelse (Brennan et al., 2002). I 70'erne og starten af 80'erne kom der fokus på problemerne omkring manglende privathed og støj fra kollegaer i det åbne kontorlandskab (Hedge, 1982) og fra omkring 1980 begyndte man igen at anvende private kontorer i kombination med de åbne kontorer (Sundstrom, 1986).

Udviklingen i Danmark har i store træk fulgt udviklingen i USA, dog med den væsentlige forskel, at den i USA udbredte brug af kunstig tilsat maskerende baggrundsstøj kun undtagelsesvis og først langt senere er taget i brug i Danmark. I Danmark betød energikrisen i 80'erne og den negative fokus på mekanisk ventilation i samme periode endvidere, at der i 1990'erne blev bygget mange naturligt ventilerede bygninger med cellekontorer og små vinduer (Treldal, 2005). Inden for de sidste 10 år er de åbne kontorlandskaber imidlertid vendt tilbage og man taler nu om, at de fysiske omgivelser skal støtte det moderne kontorarbejde, hvor der er en høj grad af vidensdeling, og hvor man i højere grad end tidligere arbejder i projektgrupper eller autonome arbejdsgrupper, og hvor organisationen konstant stiller krav til fleksible omgivelser. Det moderne kontorarbejde går ofte under navnet 'new ways of working' og man taler også om 'the new office', selvom de overordnede principper i det moderne storrumskontorer til forveksling ligner den originale ide fra 'Burolandschaft' - det åbne kontorlandskab.

1.3.2 Støjeksponering i kontorer

I 2002 offentliggjorde Arbejdsmedicinsk klinik ved Glostrup Amtssygehus et normalmateriale for indeklimagener og symptomer baseret på en stikprøve af 41 virksomheder med 3500 personer i Danmark, hvoraf 91 % var funktionærer og 67 % var kvinder (Brauer & Mikkelsen, 2002).

Materialet var baseret på en stratificeret udtrækning fra 250 virksomheder, således at der blev udtrukket lige mange virksomheder inden for 3 størrelsesgrupperinger og omhandlede private og offentlige kontorer, undervisningsinstitutioner, handel/hoteller og hospitaler. Andelen af personer der klagede over støj i lokalet flere gange om ugen eller dagligt var 36,2 %, andelen der klagede over støj fra andre lokaler var 20,5 % og andelen der klagede over støj udefra var 10,8 %. Til sammenligning var 16 % af danske lønmodtagere udsat for generende støj og 29 % udsat for høj støj, mere end ¼ del af deres arbejdstid i 2000, og der var sket en stigning i andelen af støjeksponerede i forhold til 1990 (Burr et al., 2002). Selvom tallene ikke er opgjort på helt samme måde, så tyder det på at folk der arbejder i ikke-industrielle arbejdsmiljøer er mere udsat for generende støj, det vil sige ikke høreskadende støj, end lønmodtagere generelt er.

En amerikansk database som omhandler 23,450 kontoransatte i 142 bygninger, hvor der er foretaget spørgeskemaundersøgelse af indeklimaet via et webbaseret spørgeskema viste, at støj var den faktor der blev klaget mest over efterfulgt af termisk komfort og luftkvalitet (Jensen et al., 2005).

Traditionelt er der inden for indeklimaforskningen blevet fokuseret på forskning i termisk komfort og luftkvalitet, mens støj har haft lavere prioritet. Derimod er der inden for adfærdsforskningen, den psykologiske forskning og inden for den mere tekniske akustiske forskning blevet set på betydningen af irrelevant tale og lyde i storrumskontorer.

1.3.3 Støjgener i storrumskontorer

I det følgende er der set på de studier som har fokuseret på problemer i storrumskontorer, hvor der ofte klages over støj, distraktion og manglende privathed til at kunne føre uforstyrrede samtaler.

I et ældre review af støj i storrumskontorer fandt Sundström (1986) i 4 ud af 9 interventionsstudier, at der kom en forværring i støjproblemerne, når folk skiftede kontor fra celle til åbne kontorer og at kun et studie fandt et fald i problemerne. I flere af studierne steg problemerne med støj når de flyttede til storrumskontorer, selvom støj allerede havde været et stort problem i cellekontorerne. I både det studie der fandt færre støjproblemer og i mindst 2 ud af 4 af de studier, der ikke fandt nogen ændringer, var der lavet specielle foranstaltninger for at nedsætte støjen. De fleste af studierne fandt at uvedkommende samtale og ringende telefoner var de mest generende støjklender og i mindre grad kontormaskiner og ventilationsanlæg.

En ny dansk undersøgelse fra Arbejds miljøinstituttet har vist, at der er flere klager over indeklimaet og specielt støj i både flerpersons- og storrumskontorer end i cellekontorer (Pejtersen et al., 2005). Undersøgelsen var en tværsnitsundersøgelse blandt 2300 kontoransatte i 22 kontorbygninger i Storkøbenhavn. Fem af bygningerne bestod udelukkende af storrumskontorer, ni bygninger havde udelukkende cellekontorer og de resterende otte bygninger havde blandet celle-, flerpersons eller storrumskontorer. De ansatte i de 22 bygninger blev inddelt i fem grupper afhængig af hvilken type kontor, de var placeret i: Cellekontorer med 1 og 2 personer, flerpersonskontorer med 3-6 personer, storrumskontorer med 7-28 personer og storrumskontorer med flere end 28 personer. Resultaterne viste, at for de fleste indeklimagener steg forekomsten af gener med stigende kontorstørrelse, selv når der blev taget hensyn til forskelle i køn, alder, jobkategori og psykosociale risikofaktorer i analyserne. De mest udbredte gener i storrumskontorerne var de ansattes oplevelse af tør luft,

indelukket luft og specielt støj i lokalet. Omkring 10 gange så mange personer var generet af støj i de største storrumskontorer i forhold til enkeltmandskontorerne, idet 60 % af personerne i de største storrumskontorer (>28 personer) klagede over støj i lokalet flere gange om ugen eller dagligt, mens kun 6 % klagede i enmandskontorerne.

Den samlede prævalens af klager over støj i lokalet for AMI's undersøgelsen var 24,8 (Pejtersen & Allermann, 2004). Til sammenligning var tallet 36,2 % i normalmaterialet fra undersøgelsen foretaget af AMK Glostrup. De 2 undersøgelser anvendte det samme spørgeskema og virksomhederne blev i begge undersøgelser udtrukket via det Centrale Virksomheds Register. AMK Glostrups undersøgelse bestod imidlertid også af Gymnasier og Folkeskoler, hvilket kan forklare de lidt højere tal end i AMI's undersøgelse, der kun bestod af kontorbygninger.

Ayr et al. (2001) har undersøgt støjen blandt 250 personer i en kontorbygning med 52 kontorer, hvoraf ca. 60 % af personerne sad i storrumskontorer med mere end 6 personer. De fandt at 61 % klagede over tab af koncentration, 45 % klagede over tab af produktivitet, 31 % var generet af støj når de skulle tale i telefon og 7 % havde problemer med støj når de talte med kollegaer ansigt til ansigt.

Sundström (1994) undersøgte 2391 kontoransatte fra 26 virksomheder (10 private og i alt 58 forskellige lokaliteter), hvor deres kontorer blev renoveret. Interventionerne omhandlede generelt ændring fra cellekontorer til en form for åbne kontorer. Efter ændringerne var der færre personer, der sad i cellekontorer, men flere personer som havde tæpper i kontorerne, færre kontorer hvor der var akustiklofter og generelt var der færre m² per person i kontorerne. Der blev fundet en sammenhæng mellem forstyrrende støj og utilfredshed med de fysiske omgivelser for alle typer af støjklinder (telefoner der ringede, andre personers samtale etc.). Tilsvarende blev der fundet en sammenhæng mellem forstyrrende støj og jobutilfredshed for nogle af støjklinderne, men ikke for alle kilder. Forfatterne mente at sammenhængen mellem støj og jobutilfredsheden bliver medieret gennem andre variable end utilfredshed med det fysiske arbejdsmiljø. Disse variable kan være forskellige jobkarakteristika som manglende personlig kontrol, manglende autonomi og større arbejdsbelastning. F.eks. kan flere ringende telefoner i de åbne kontorer få folk til at opleve en større arbejdsbelastning, idet de føler sig forpligtede til at svare kollegaers telefoner, når de ikke er der, eller de oplever at de ikke har kontrol over andres ringende telefoner. Der var ingen korrelation mellem oplevelse af støj og selvevalueret performance. Der blev ikke fundet forskel på oplevelsen af støj for de forskellige jobtyper, selvom tilfredshed med både fysisk arbejdsmiljø og jobtilfredshed var forskellig for de forskellige jobtyper.

Brennan et al. (2002) har i et forløbsstudie undersøgt 80 personer, der flyttede fra cellekontorer til åbne kontorer. Der blev foretaget spørgeskemaundersøgelse før flytning, en måned efter og 6 måneder efter flytning. Der var signifikant stigning i utilfredshed med fysiske omgivelser, utilfredshed med fysiske stressorer (herunder støj mv.), fald i oplevelsen af at have sociale relationer med kollegaer og fald i oplevet performance. Niveauet ændrede sig ikke fra 1 til 6 måneder efter interventionen, bortset fra relationerne mellem kollegaer, som blev oplevet værre. Resultater passer med undersøgelser af Hedge (1982) og Sundström et al. (1980). Som Sundström et al. (Sundstrom et al., 1980) og reviewet af Sundström (Sundstrom, 1986) fandt Brennan et al. (2002) at åbne kontorer ikke gør kommunikationen mellem kollegaer bedre, tværtimod bliver det sværere at føre fortrolige samtaler. Styrken ved studiet var det longitudinale design, svagheden var mangel på kontrolgruppe og et relativt lavt antal personer på 21, der er med i alle 3 delforsøg.

Keighley (1966) undersøgte støj i storrumskontorer ved hjælp af spørgeskemaer og lydtryksmålinger i 12 kontorer med i alt mere end 60 personer i hvert kontor. Det gennemsnitlige lydtryksniveau i de 12 kontorer varierede fra 62 til 79 dB(A) (gennemsnit 66). Keighley fandt at de subjektive bedømmelser (transient peak index) var relateret til det gennemsnitlige lydtryksniveau. I en udvidelse af ovennævnte forsøg så han på subjektive bedømmelser af støj og måling af lydtryksniveau blandt 2000 respondenter i 40 store kontorer (Keighley, 1970). I det studie fandt han at acceptabilitet af støj var relateret til det gennemsnitlige lydtryksniveau i lokalet og antallet af peak værdier over baggrundsniveauet.

Tang et al. (Tang & Chan, 1996; Tang & Wong, 1998; Tang, 1997) målte støj og foretog spørgeskemaundersøgelse om den subjektive oplevelse af støj i en lang række storrumskontorer. De studerede sammenhængen mellem forskellige støj indices og den subjektive oplevelse. Det ækvivalent lydtryksniveau korrelerede bedst med den subjektive oplevelse af støj. De fandt desuden i et mindre studie, at støj fra menneskelig tale oplevedes som den mest dominerende støjkilde foran ventilationsstøj og støj fra kontormaskiner. Telefoner der ringer kom først ind på femte pladsen over de mest generende kilder og trafikstøj blev oplevet mindst gerne af de undersøgte kilder.

1.3.4 Irrelevant tale og lyde i storrumskontorer

Der har været ret intensive studier omkring irrelevant tale og lyde i storrumskontorer. Mange af studierne har været laboratoriestudier, hvor man har undersøgt karakteristika for lyde, der opleves generende i storrumskontorer (Jones et al., 1993; Banbury & Berry, 1998). Jones et al. (1992) har fundet, at det er støjens natur, der afgør om den opleves forstyrrende og ikke udelukkende om støjen bærer information. Hvis støjen har en variation i tid på samme måde som menneskelig tale, så opleves den generende, hvorimod konstant støj uden denne variation i tid ikke på samme måde opleves generende. Hvis mange personer taler i munden på hinanden og støjen går over i pludren er forstyrrelseffekten mindre, da man ikke kan skelne ordene (Jones & Macken, 1995). Men andre lyde, der har samme mønstre vil heller ikke opleves forstyrrende. Dette udnyttes når man aktivt maskerer støj i storrumskontorer (Loewen & Suedfeld, 1992). Jones et al. (Jones & Macken, 1995) har også vist i laboratorietest at forsøgspersoner lavede færre fejl, når de var udsat for 6 stemmer i forhold til kun 2 stemmer. De argumenterer selv for at irrelevant tale kan have en anden effekt på mere komplekse og kognitiv krævende opgaver som findes i storrumskontorer end de simple test som forsøgspersonerne blev udsat for. Det tyder på at generne fra støj i storrumskontorer hovedsagelig er fra de nærliggende arbejdspladser.

Banbury et al. (2005) undersøgte effekten af forskellige former for forstyrrende støj blandt 88 personer i storrumskontorer. De spurgte til kontorlayout og 8 forskellige støjklender herunder: Telefonringning, telefonsamtaler, andres konversation, printer, ventilationsstøj etc. Telefoner der ringede på ledige arbejdspladser var det mest forstyrrende - muligvis fordi forstyrrelsen varede længere tid end hvis personen var til stede, men det er også muligt at den manglende kontrol med andre folks ringende telefoner var det, der gjorde at støjen oplevedes generende i lighed med resultater fra Sundström et al. (Sundstrom et al., 1994). Næststørst forstyrrelse var andre personer samtale, og det der forstyrrede mindst var støj udefra. Forsøget viste at man generelt godt kan generes af andre støjklender end tale, når støjen er uregelmæssig og feltstudiet bekræfter Jones et al.'s hypotese om lydets natur (changing state hypothesis - (Jones et al., 1992)). De ansatte blev ligeledes spurgt om tiltag i kontorerne, som kunne reducere deres eventuelle gener. Af foreslåede forbedringer var stilleområder til uforstyrret arbejde den mindst attraktive. Støjabsorberende

materialer og lydskillevægge var de mest foretrukne, dernæst kaffeområder og mødelokaler, selvom de 2 sidste foranstaltninger ofte allerede fandtes.

1.3.5 Oplevelse af privathed i storrumskontorer

Mange studier omkring storrumskontorer indenfor adfærdsforskningen ser snare på okkupanternes oplevelse af privathed end på den direkte oplevelse af støj. Ordet privathed er en direkte oversættelse af det engelske ord *privacy* som er bredere end det danske ord. Begrebet *privacy* indbefatter, at kunne arbejde uforstyrret uden at være tilgængelig hele tiden, uden at ens samtaler overhøres af andre og uden at man bliver forstyrret af andres samtale eller lyde i det hele taget. I nogle undersøgelser er der specifikt blevet kigget på det man på engelsk kalder *speech privacy*, som bedst kan oversættes med 'muligheden for at have uforstyrret samtale'. I det følgende vil der om 'privacy' både blive brugt det engelske ord og det fordanskede udtryk 'privathed'.

Man deler oplevelsen af privathed op i psykologisk privathed og arkitektonisk privathed (Sundstrom et al., 1980). Den psykologiske privathed er oplevelsen af at man har kontrol over adgangen til en selv og ens gruppe. Det inkluderer kontrol over transmission af information om en selv, og kontrol over input der kommer fra andre. Dette koncept af privathed forudsætter, at personen forsøger at opnå en social kontakt, som er optimal for personen selv. For lidt social kontakt vil opleves som isolation, og for meget social kontakt vil opleves som, at der er overfyldt (crowdiness). Den arkitektoniske privathed refererer til den visuelle og akustiske isolation, som et givet kontormiljø giver den enkelte. Den arkitektoniske privathed har stor indflydelse på den psykologiske privathed, da personer i cellekontorer kan kontrollere deres egen tilgængelighed bedre end i åbne kontorer, hvor man er mere synlig og dermed tilgængelig for andre.

Der er to teorier omkring, hvordan medarbejdere oplever og agerer i storrumskontorer (Oldham & Brass, 1979). En teori siger at de åbne kontorer vil fremme de sociale relationer mellem medarbejdere, fremme social støtte og feedback fra kollegaer, nedsætte samarbejdsproblemer og fremme vidensdeling i og på tværs af afdelinger. En anden teori derimod, siger at de manglende vægge i kontorerne vil nedsætte muligheden for privathed i arbejdet, den fortrolige og personlige samtale forsvinder, den sociale støtte og feedback nedsættes og dermed mindskes vidensdelingen. Samtidig forsvinder de ansattes oplevelse af selvbestemmelse, da de altid er overvågede og da der er større sandsynlighed for, at kollegaer og ledere vil blande sig i ens arbejde, når de kan følge med i arbejdet. Dette vil føre til nedsat motivation, øget jobutilfredshed og i den sidste ende nedsat performance og produktivitet.

Oldham og Brass (1979) testede de to hypoteser i et interventionsstudie, hvor 140 personer blev flyttet fra celle til åbne kontorer. Oldham viste i sit interventionsstudie, at det var de negative effekter af storrumskontorer, der var fremtrædende, idet de ansatte oplevede manglende privathed til at have uforstyrrede samtaler og at den personlige samtale helt forsvandt. Der var mindre feedback fra kollegaer og overordnede, og der var mindre autonomi i opgaveløsningerne. De fleste undersøgelser bekræfter de negative effekter af at sidde i storrumskontorer (Oldham & Brass, 1979; Brennan et al., 2002; Hedge, 1982; Sundstrom et al., 1994).

Sundström et al. (1980) lavede 3 mindre korrelationsstudier omkring psykologisk og arkitektonisk privathed og så også på effekten af jobtype. Undersøgelserne som foregik i både celle og storrumskontorer var relative små med 20 til 150 ansatte i hver undersøgelse. Der blev spurgt til antal personer i kontorer, graden af privathed og om hvor fysisk åbne kontorerne var, dvs. antal

vægge, skærme etc. Desuden blev der spurgt til type af job eller snarere de ansattes socioøkonomiske status. Flere forskere har haft den teori at hvis kedeligt repetitivt kontorarbejde foregår i storrumskontorer, hvor ansatte kan have social kontakt med hinanden, så opleves arbejdet mindre kedeligt og de ansatte oplever større jobtilfredshed end hvis tilsvarende arbejde bliver udført i cellekontorer. Derimod kræver komplekst arbejde større grad af privathed og foregå bedst i uforstyrrede omgivelser som cellekontorer. Sundström et al. (1980) fandt at alle jobtyper foretrak private omgivelser frem for at være tilgængelig, som man er i et storrumskontor. Der var desuden en klar sammenhæng mellem oplevelse af psykologisk privathed og oplevelse af arkitektonisk privathed, og begge dimensioner var relateret til tilfredshed med selve arbejdsstationen og den generelle jobtilfredshed. Derimod var der ikke sammenhæng mellem arkitektonisk privathed og større interaktion mellem kollegaer. Der var lige stor interaktion om man sad i storrumskontorer eller cellekontorer, hvilket strider med intentionerne og de grundlæggende ideer med storrumskontoret, men som er fundet i flere studier. Brennan et al. (2002) bl.a. fandt at relationerne med kollegaer tilmed blev værre efter flytning til storrumskontorer, mens der i AMI's undersøgelse ikke blev fundet forskel på den sociale støtte fra kollegaer og ledere uanset om man sad i storrumskontorer, flerpersonskontorer eller cellekontorer (Pejtersen et al., 2005).

I en udvidelse af ovennævnte forsøg af Sundström et al. (1980), hvor data fra 74 personer fra det tidligere forsøg blev suppleret med 80 nye respondenter blev effekten af jobtype på oplevet privathed undersøgt i detaljer. Alle personer var administrative medarbejdere ved et amerikansk universitet og medarbejderne var enten sekretærer, regnskabsmedarbejdere eller ledere. Som i det tidligere studie blev der set på privacy, kontorlayout, tilfredshed med fysiske omgivelser og generel jobtilfredshed. Undersøgelsen adskilte sig fra den tidligere undersøgelse ved at jobtype inden for jobgrupperne var mere homogene. Der var stor variation i kontortype inden for alle grupper, men omkring 25% af sekretærene havde deres eget private kontor, mens 45% af regnskabsmedarbejderne og 82% af lederne havde deres eget private kontor. De 3 forskellige jobgrupper bedømte oplevelsen af privatheden forskelligt, men det passede godt med de faktiske fysiske forhold således, at sekretærer, som oftest sad sammen med andre, oplevede mindst privathed, mens lederne som oftest havde private kontorer eller arbejdspladser omkranset af skærme oplevede mest privathed. Hvis man kun ser på den gruppe, der havde deres eget kontor, så oplevede sekretærene stadig at de havde mindst privathed, mens lederne oplevede størst privathed, hvilket ligger naturligt i det job de 2 grupper hver især bestrider. De ansattes oplevelse af tilfredshed med de fysiske forhold korrelerede med det antal vægge eller skærme som de havde omkring deres arbejdsplads. Generel jobtilfredshed korrelerede med jobkompleksitet og tilfredshed med de fysiske omgivelser og i mindre grad med privathed. Et indeks bestående af items som måler henholdsvis, støj, distraktion og oplevelse at være for tæt på naboen var stærkt negativt korreleret med bedømmelsen af *privacy*. Oplevelsen af støj spiller en essentiel rolle for oplevelsen af privathed.

De Croon et al. (2005) har lavet et større review af effekten af at sidde i storrumskontorer i forhold til i cellekontorer, hvor der er blevet set på dimensionerne: krav i arbejdet, job ressourcer, velbefindende og performance. De fandt 49 relevante studier. Der var stærk evidens for, at det at arbejde i storrumskontorer reducerer ansattes oplevelse af at kunne føre uforstyrrede samtaler og reducerer de ansattes generelle jobtilfredshed. I studierne blev der fundet begrænset evidens for at de kognitive krav var højere i storrumskontorer og også begrænset evidens for at storrumskontorer forværre de interpersonelle forhold, som ellers er fundet i andre studier.

Kupritz har undersøgt 59 ældre (60+) og 61 yngre (35-50 år) ansattes oplevelse af hvad der har betydning for oplevelse af privathed i forskellige kontor. Begge grupper forbinder de samme fysiske

forhold med privathed, men de vægter forholdene forskelligt i betydning, hvilket har betydning for, hvordan man bedst opnår privacy for forskellige aldersgrupper. Begge aldersgrupper foretrak dog et stort personligt kontor, som den mest betydende faktor for at opnå privathed i deres arbejde.

Sundström et al. (1982) foretog et interventionsundersøgelse, hvor 70 personer flyttede fra konventionelle kontorer til åbne kontorer. De 70 personer var inddelt i fire forskellige socioøkonomiske grupper fra en sekretærgruppe, som før flytningen sad flere personer sammen i mindre kontorer til en gruppe af ledere, som før flytningen sad i deres private kontor. Efter flytningen sad alle i en form for åbne kontorer, men højden på skærmene mellem arbejdspladserne steg med stigende socioøkonomiske gruppe. Efter interventionen var tilfredsheden med det generelle støjniveau og tilfredsheden med kommunikationen uændret. Derimod faldt oplevelsen af privathed, specielt hos dem, der tidligere havde haft deres eget kontor. Der blev således fundet en klar relation mellem, at når der var mere fysiske lukkede kontorområder, så var oplevelsen af privathed også større. Specielt var oplevelse af at kunne holde fortrolige samtale blevet mindre i gruppen af ledere efter at de flyttede til åbne kontorlandskaber. De akustiske målinger af taleforståelighed, *Articulation Index*, viste også mindre taleforståelighed i de åbne kontorer.

1.6 Akustiske forhold i storrumskontorer

Der henvises til afsnit 4.3b omkring de akustiske forhold og maskerende støj, hvor den nyeste litteratur om emnet er beskrevet (Bradley, 2003; Pop & Rindel, 2005). Dette afsnit omhandler undersøgelser, der har set på, hvad der kan gøres for at reducere støjgener i storrumskontorer.

Moreland et al. (1988) undersøgte skærmes betydning for støj eller speech privacy i storrumskontorer (Moreland, 1988). Forfatterne konkluderede, at det er tvivlsomt om god speech privacy kan opnås uden en ordentlig designet skærm. Tre faktorer har betydning for speech privacy: Skærmens størrelse, dens lydabsorberende egenskaber og dens lydtransmitterende egenskaber. Lydens afbøjning over skærmen og transmission gennem skærmen har betydning for dens effektivitet. Bløde lydabsorberende skærme er bedre end hårde skærme, men når støjreduktionskoefficienten (Noise Reduction Coefficient, NRC) for bløde skærme overstiger 0,5 har lydabsorberingen mindre betydning for speech privacy mellem nærliggende arbejdsstationer end højden af skærmen og selve afstanden mellem den talende og de lyttende.

I et andet laboratorieforsøg undersøgte Moreland et al. (1989) speech privacy eller snarere taleforståelighed mellem 2 arbejdsstationer med skærm i mellem. De undersøgte forskellige kombinationer af skærmhøjde, lyd absorbering på skærmen, lydabsorberingen i loftet og på gulvet. Alle forsøg blev lavet med stemme niveau i henhold til standard og konstant niveau af maskerende baggrundsstøj. God taleforståelighed kan opnås i storrumskontorer, men det kræver lydisolering i gulv, loft og skærme, samt maskering. Moreland et al. fandt at fortrolig speech privacy kan opnås, hvis gulvarealet per person er mere end 17 m², hvis støjabsorberingen i loftet (NRC) er 1.0 og hvis skærmen mellem arbejdspladserne er mindst 2,3 m høj. Almindelig speech privacy kan opnås hvis gulvarealet per person er mellem 11 og 25 m², skærmhøjden er mellem 1,5 til 2,3 m, loftshøjde er på 3 til 4,3 m og støjabsorberingen i loftet er mellem 0,6 og 1. En lineær regressionsmodel viste at lofthøjde og støjreduktionskoefficienten i loftet er vigtig for speech privacy målt ved indeks for taleforståelighed (AI, Articulation index).

I en række nyere undersøgelser af Wang og Bradley blev der udviklet en matematisk model for lydudbredelsen over skærm mellem to arbejdsstationer i storrumskontor (Wang & Bradley,

2002c; Wang & Bradley, 2002d; Wang & Bradley, 2002a; Wang & Bradley, 2002b). Modellen var en udvidelse i forhold til Morelands model og de vurderede taleforståeligheden ud fra *Speech Intelligibility Indexs* som er en erstatning af *Articulation Indexs*. De undersøgte forskellige kontorparametre og fandt at høje skærme med høj lydabsorption samt høj lydabsorption i loftet havde betydning for god taleforståelighed. Lydrefleksion fra sidepaneler og paneler bag ved arbejdsstationen havde ikke så stor betydning i forhold til den lyd, der går over den skærm som adskiller arbejdsstationerne. Høj adsorption på gulvet og et stort gulvareal havde mindre betydning for taleforståelighed. Desuden blev der set på betydningen af lysarmaturer, som reducerer støjdemningen. I et nyere studie konkluderer Bradley (2003) at alle 3 parametre, lydabsorbering i loftet, afskærmning mellem arbejdsstationerne og maskering, skal være optimeret eller tæt på optimal for at acceptabel *speech privacy* kan opnås, se afsnit 4,3b.

Hongisto et al. (Hongisto et al., 2004) har også set på de 3 måder som lyd kan reduceres i storrumskontorer: Absorbering af lyd så tilbagekastelse og refleksioner undgås, skærme der cutter den direkte lyd og maskering. De udviklede en model til akustisk design af storrumskontorer på baggrund af undersøgelsen.

Warnock (1978) har også set på modellering af akustikken i storrumskontorer. Også han pointerer at der er 3 måder at dæmpe støj i storrumskontorer: Lyddæmpning i loft, lyddæmpende skærme og maskerende lyd. Han opstillede model for lydtryksniveau over skærm som funktion af rummets højde (2,5 el 5m), skærmens højde (1,0-2,2m), loftdæmpningskoefficienten (0,1-0,9) og efterklangstiden (0,3-1,2). Størst loftshøjde, størst absorptionskoefficient og størst skærmhøjde gav mindst støjniveau. Efterklangtid på 0,5 gav lavest støjniveau.

Keighley (Keighley & Parkin, 1979) undersøgte 12 forskellige maskeringslyde i et kontor, med lydtryksniveauer fra 36 db(A) til 46 db(A). Maskeringslydene blev hver testet i 3 uger. De anvendte lyde var forskellige typer og niveauer af anden kontorstøj, havstøj, lyd af vandfald mv. Ingen af de anvendte baggrundsstøjtyper eller niveauer forbedrede imidlertid lydforholdene for de ansatte. Se afsnit 4.3b *Speech privacy*, for de nyeste erfaringer med maskering.

1.7 Konklusion

De reviewede undersøgelser viser at støj i storrumskontorer er et stort problem, og at det er en af de mest betydende gener i indeklimaet. Telefoner der ringer og andre personers samtale er de støjklender som opleves mest generende. I storrumskontorer oplever folk mindre privathed, fordi de er tilgængelige hele tiden, og de oplever at det er svære at føre samtaler og specielt fortrolige samtaler. Desuden viser forskningen, at man ofte flytter til storrumskontorer for at forbedre samarbejdet og de interpersonelle forhold mellem kollegaer, men at dette ikke altid bliver opfyldt i storrumskontorer. Tværtimod er der nogle undersøgelser, der viser at de sociale relationer imellem kollegaer i værste fald bliver dårligere. Desuden oplever folk i storrumskontorer større jobutilfredshed end folk i cellekontorer og nogle studier peger også på at der er lavere produktivitet i storrumskontorer end i cellekontorer. Der er lavet indgående studier omkring, hvad det er der gør støjen generende i storrumskontorer. Har lyden en konstant karakter som f.eks. en summende baggrundstøj af stemmer opleves det ikke så generende, som enkelte personer der taler i ens nærhed. Men snarere end at lyden skal være meningsbærende, er det lyde som ændrer sig i tid, der opleves generende. Der er 3 måder, hvorpå man kan reducere støj i storrums: ved hjælp af skærme der blokerer lyden, ved brug af akustiklofter der nedsætter refleksionen og ved at maskere lyden, så de enkelte stemmer gøres mindre hørbare. Det helt afgørende er brug af skærme mellem arbejdspladserne og helst så høje som mulige. Anvendelse af skærme strider direkte imod de

arkitektoniske tendenser, som er oppe i tiden, hvor man taler om åbenhed i både organisation og kontormiljø. Desuden strider kravene om privathed, så man kan få ro til arbejdet, med kravet om vidensdeling, hvor man skal lære af hinanden. Der er stilles derfor store krav til den fremtidige kontorindretning og ikke mindst adfærden i storrumskontorer, hvis disse modstridende krav skal opfyldes.

1.8 Fremtidig forskning - støj i storrumskontorer

Hvorledes nedsættes støjbelastningen i storrumskontorer? Skal der udvikles specielle normer for adfærd i storrumskontorer?

Har støj i storrumskontorer direkte effekt på symptomer som f.eks. træthed? Undersøgelser har vist, at der både er mange klager over støj i storrumskontorer og en høj prævalens af ansatte som klagede over unaturlig træthed.

Er der specielle jobgrupper eller erhverv, der er mere egnede til at sidde i storrumskontorer end andre? Mange af studierne har set på effekten af socioøkonomisk klasse snare end job eller erhverv. Studierne er imidlertid for det meste fra udlandet og kan nødvendigvis ikke overføres til danske forhold. Herunder er det vigtigt at se på kombinationen af krav til koncentration og akustik i forhold til kravet om høj vidensdeling. Job, hvor der er lave krav til koncentration, men høje krav til vidensdeling, må være mere velegnede til at foregå i storrumskontorer end job med høje krav til koncentration og lave krav til vidensdeling.

Selve begrebet vidensdeling er essentielt for storrumskontorer. Hvorledes skal vi måle dette begreb? Er vidensdelingen højere i storrumskontorer? Og hvordan spiller dette begreb sammen med de dårlige indeklima- og støjforhold i storrumskontorer, som må forventes at være årsag til et tab i produktivitet?

1.9 Referencer

Ayr, U., Cirillo, E., and Martellotta, F. An experimental study on noise indices in air conditioned offices. *Applied Acoustics* 62(6), 633-643. 2001.

Banbury, S. and Berry, D. C. Disruption of office-related tasks by speech and office noise. *British Journal of Psychology* 89, 499-517. 1998.

Banbury, S. P. and Berry, D. C. Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements. *Ergonomics* 48(1), 25-37. 2005.

Bradley, J. S. The acoustical design of conventional open plan offices. *Canadian Acoustics* 31(2), 23-31. 2003.

Brauer, C. and Mikkelsen, S. Indeklima, psykisk arbejdsmiljø og symptomer i Danmark - Et normalmateriale til Glostrupskemaet. 1-101. 2002. Amtssygehuset i Glostrup (report in Danish), Arbejdsmedicinsk Klinik.

Brennan, A., Chugh, J. S., and Kline, T. Traditional versus open office design. A longitudinal field study. *Environment and Behavior* 34, 279-299. 2002.

- Burr, H., Bach, E., Borg, V., and Villadsen, E. Arbejdsmiljø i Danmark 2000. En kortlægning af lønmodtageres og selvstændiges arbejdsmiljø og helbred. 2-63. 2002. København, Arbejdsmiljøinstituttet. Arbejdsmiljø i Danmark 2000.
- De Croon, E. M., Sluiter, J. K., Kuijer, P. P. F. M., and Frings-Dresen, M. H. W. The effect of office concepts on worker health and performance: a systematic review of the literature. *Ergonomics* 48(2), 119-134. 10-2-2005.
- Hedge, A. The Open-Plan Office - A Systematic Investigation of Employee Reactions to Their Work-Environment. *Environment and Behavior* 14(5), 519-542. 1982.
- Hongisto, V., Keranen, J., and Larm, P. Simple model for the acoustical design of open-plan offices. *Acta Acustica United with Acustica* 90(3), 481-495. 2004.
- Jensen, K. L., Arens, E., and Zagreus, L. Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupants surveys. II(2), 2401-2405. 2005. 4-9 september, Beijing. *Indoor Air* 2005.
- Jones, D. M. and Macken, W. J. Auditory Babble and Cognitive Efficiency - Role of Number of Voices and Their Location. *Journal of Experimental Psychology-Applied* 1(3), 216-226. 1995.
- Jones, D. M., Macken, W. J., and Murray, A. C. Disruption of visual short-term memory by changing-state auditory stimuli: the role of segmentation. *Mem.Cognit.* 21(3), 318-328. 1993.
- Jones, D. M., Madden, C., and Miles, C. Privileged access by irrelevant speech to short-term memory: The role of changing state. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 44A, 645-669. 1992.
- Keighley, E. C. Determination of Acceptability Criteria for Office Noise. *Journal of Sound and Vibration* 4(1), 73-&. 1966.
- Keighley, E. C. Acceptability Criteria for Noise in Large Offices. *Journal of Sound and Vibration* 11(1), 83-&. 1970.
- Keighley, E. C. and Parkin, P. H. Subjective Response to Sound Conditioning in A Landscaped Office. *Journal of Sound and Vibration* 64(3), 313-323. 1979.
- Loewen, L. J. and Suedfeld, P. Cognitive and Arousal Effects of Masking Office Noise. *Environment and Behavior* 24(3), 381-395. 1992.
- Moreland, J. B. Role of the Screen on Speech Privacy in Open Plan Offices. *Noise Control Engineering Journal* 30(2), 43-56. 1988.
- Moreland, J. B. Speech Privacy Evaluations in Open-Plan Offices Using the Articulation Index. *Noise Control Engineering Journal* 33(1), 23-32. 1989.
- Oldham, G. R. and Brass, D. J. Employee Reactions to An Open-Plan Office - Naturally Occurring Quasi-Experiment. *Administrative Science Quarterly* 24(2), 267-284. 1979.
- Pejtersen, J. and Allermann, L. Indeklima, psykosocialt arbejdsmiljø og støvs inflammatoriske potens i kontorbygninger. 1-63. 2004. Arbejdsmiljøinstituttet.

Pejtersen, J., Allermann, L., Kristensen, T. S., and Poulsen, O. M. Indoor climate and psychosocial work environment in cellular, multi-person and open-plan offices. *Indoor Air 2005. Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate; 2005 Sep 4-9; Beijing, China.* 3741-3745. 2005. Tsinghua University Press.

Pop, C. B. and Rindel, J. H. Perceived speech privacy in computer simulated open-plan offices. 2005. Rio de Janeiro, Brazil. Inter-Noise. Environmental Noise Control. The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering .

Sundstrom, E. *Work places - the psychology of the physical environment in offices and factories.* 1986. New York, Cambridge University Press.

Ref Type: Book, Whole

Sundstrom, E., Burt, K. E., and Kant, D. Privacy at work: Architectural correlates of job satisfaction and job performance. *Academy of Management Journal* 23, 101-107. 1980.

Sundstrom, E., Herbert, R. K., and Brown, D. W. Privacy and Communication in An Open-Plan Office - A Case-Study. *Environment and Behavior* 14(3), 379-392. 1982.

Sundstrom, E., Town, J. P., Rice, R. W., Osborn, D. P., and Brill, M. Office Noise, Satisfaction, and Performance. *Environment and Behavior* 26(2), 195-222. 1994.

Tang, S. K. Performance of noise indices in air-conditioned landscaped office buildings. *J Acoust.Soc Am* 102(3), 1657-1663. 1997.

Tang, S. K. and Chan, J. W. C. Some characteristics of noise in air-conditioned landscaped offices. *Applied Acoustics* 48(3), 249-267. 1996.

Tang, S. K. and Wong, C. T. Performance of noise indices in office environment dominated by noise from human speech. *Applied Acoustics* 55(4), 293-305. 1998.

Treldal, J. Modernisering af kontorbygninger. *Byggeindustrien - ByggeForum* Nr 1, 8-10. 2005. Copenhagen, TechMedia.

Ref Type: Magazine Article

Wang, C. and Bradley, J. S. A mathematical model for a single screen barrier in open-plan offices. *Applied Acoustics* 63(8), 849-866. 2002a.

Wang, C. and Bradley, J. S. Prediction of the speech intelligibility index behind a single screen in an open-plan office. *Applied Acoustics* 63(8), 867-883. 2002b.

Wang, C. and Bradley, J. S. Sound propagation between two adjacent rectangular workstations in an open-plan office - part I: mathematical modeling. *Applied Acoustics* 63(12), 1335-1352. 2002c.

Wang, C. and Bradley, J. S. Sound propagation between two adjacent rectangular workstations in an open-plan office - part II: effects of office variables. *Applied Acoustics* 63(12), 1353-1374. 2002d.

Warnock, A. C. C. Studies of Acoustical Parameters in Open-Plan Offices. *Journal of the Acoustical Society of America* 63(3), 832-840. 1978.

1.4 Musik og underholdningsbranchen

Torben Poulsen, Ørsted-DTU

Kan man overføre grænseværdier for støj på arbejdspladsen til forholdene i et orkester? Forholdene er specielle idet lyden næppe kan karakteriseres som støj og arbejderne, musikerne, kan ikke selv bestemme hvor meget 'støj' de skal lave. I et symfoniorkester er det i høj grad dirigenten der bestemmer niveauet og der en tendens til at dirigenter i dag ønsker at orkesteret skal lyde magtfuldt, dvs. med et kraftigt niveau. For elektrisk forstærket musik har lydstyrke været et kvalitetsmærke og der er næsten igen grænser for hvor højt det kan blive. Bortset fra blandt slagøjspillere og trommeslagere viser undersøgelser at der ikke optræder så mange egentlige høreskader som man skulle forvente. Musikere er generelt blevet meget opmærksomme på den mulige høreskaderisiko. Der anvendes hørebeskyttelse generelt i mange orkestre, ikke mindst ved elektrisk forstærket musik. Anvendelse af hørebeskyttelse gør det – heldigvis – vanskeligt at lave langtidsundersøgelser af spilleniveauets, støjeksponeringens, indvirkning på musikernes hørelse.

Det er ofte blevet sagt at lyden fra et symfoniorkester er mindre farlig end lyden fra maskiner på en industriarbejdsplads. Høretab (eller angsten for et høretab) blandt musikere er et alvorligt problem. Selv om de mulige høretab sjældent er så kraftige at de i sig selv ville kunne give erstatning, har de stor indflydelse på musikernes udøvelse af deres erhverv. Det er i stor udstrækning et spørgsmål om psykisk arbejdsmiljø. Sataloff skrev allerede i 1991 at der er et betydeligt behov for forskning på området (Sataloff 1991). Det gælder stadig, men forskningen skulle nok være fokuseret mere på de specielle problemer der optræder for musikere som f.eks. tinnitus, angsten for at blive høreskadet, akustiske problemer på spillesteder, støjoverfølsomhed, stress, det psykiske arbejdsmiljø.

Der er flere undersøgelser der viser at man finder færre høreskader blandt symfoniorkestermusikere end lydniveauet skulle indebære: (Obeling and Poulsen 1999), (McBride, Gill et al. 1992), (Kähäri 2002) (Johnson, Sherman et al. 1986). I sidstnævnte står der ”.. Musicians hearing appeared no poorer than nonmusician hearing, suggesting no major hearing loss from musicians' exposure to orchestral noise”.

Der er rapporter der viser at der er større høreproblemer blandt ikke klassiske musikere (Hench 2000). Her har 3292 musikere deltaget i en helbredsundersøgelse via World Wide Web. 21,7% oplyste at de havde høreproblemer. De fleste i gruppen med høreproblemer var rock/alternative musikere, andre ikke-klassiske musikere, musikere der spiller med forstærkede instrumenter, trommeslagere, og messingblæsere.

I et eksamensarbejde (Kijne 2001) blev hørelsen hos 39 rytmiske musikere undersøgt. Atten var professionelle musikere og 21 var amatører. Undersøgelsen viste at de professionelle musikere gennemsnitligt har et lille høretab som følge af støj. Amatørmusikernes gennemsnitsaudiogram viste ikke tegn på høretab. Den gennemsnitlige støjeksponering ($L_{EX, 8h}$) for de professionelle musikere blev vurderet til at være 92 – 95 dB(A). Ved sammenligning med ISO standarden for forventede høretab som følge af støjpåvirkning (ISO-1999 1990) viser det sig at musikerne hører bedre end forventet. Kijne skriver ”Mulige forklaringer på dette kan være mellemøremuskernes beskyttelse, træningseffekt som følge af længere tids ophold i kraftig, men ikke høreskadelig støj,

samt fraværet af stresslignende reaktioner i forbindelse med nydelse af musikken. Endvidere bygger ISO 1999 på 8 timers dagligt arbejde i ensartet støj, hvilket generelt ikke er tilfældet for professionelle musikeres arbejde.” Blandt de 39 musikere i Kijnes undersøgelse oplyste seks at de havde tinnitus. Heraf er 5 amatører og 1 professionel. Tre har oplyst at de led af støjoverfølsomhed.

Personalet på spillesteder udgør et særligt problem. Det er ikke dem der laver lyden, men arbejder i mange timer under kraftig lydpåvirkning. En undersøgelse af 31 ansatte på spillesteder hvor gennemsnitniveauerne ved koncerter varierede fra 95 til 106 dB(A) viste at der var en sammenhæng mellem niveau og tegn på høreskade i form af tinnitus og selvoplevet høretab (Gunderson, Moline et al. 1997). Kun 16 % anvendte høreværn. En undersøgelse af 23 disc jockeys viste at tre personer klart havde støj-induceret høretab, 70 % havde temporært nedsat hørelse efter arbejdet og 74 % rapporterede om tinnitus (Bray, Szymanski et al. 2004). Der blev målt niveauer på op til 108 dB(A), men gennemsnitniveauet lå på 96 dB(A). En tilsvarende undersøgelse blandt studentermedhjælpere på et universitetsspillemsted viste at 29 % viste tegn på høretab på mere end 30 dB (Sadra, Jackson et al. 2002)

Der er altså noget der tyder på musikere ikke får så store høreskader som lydniveauerne skulle indikere. Det er således vanskeligt at tale om høreskadende støj. Til gengæld er der ingen tvivl om at arbejdssituationen for musikere, både klassiske og ikke-klassiske, kan give et højt stressniveau og at de kan føle deres arbejdssituation som belastende. Det er ikke simpelt at løse lydniveauproblemet med høreværn. En undersøgelse blandt fem klassiske orkestre i Finland viste at kun 6 % anvendte høreværn under kraftige passager (Laitinen 2005). Blandt de kvindelige musikere var der 15 % der havde tinnitus, hvorimod andelen var 18 % blandt de mandlige musikere. Høreværn

Høreværn er ikke en god løsning for musikere – heller ikke de specielle musikerhøreværn der tilstræber at dæmpe lyden 10 til 20 dB uden at ændre på klangbilledet. Høreværn gør det vanskeligere at høre de andre medlemmer af orkesteret og det kan være vanskeligt at lokalisere lydkilden (Vause and Grantham 1996). For sangere og blæsere kan okklusionseffekten (dvs resultatet af øregangen tillukkes) være særdeles generende. Der er for nylig foretaget en undersøgelse af musikeres holdning til og brug af høreværn og andre lyddæmpende foranstaltninger blandt 3 symfoniorkestre i Danmark (Laitinen and Poulsen 200x). Undersøgelsen viser at hverken høreværn, ændring af økesteropstillingen, skærme eller lignende kan afhjælpe lydproblemerne for nogle af orkestermedlemmerne. Omkring 25 % af musikerne led af tinnitus eller støjoverfølsomhed. Musikerne vurderede at deres arbejdsmiljø (m.h.t. rumakustik og lydniveau) var vanskeligt. Enkelte musikere anvendte specielle høreapparater som hørebeskyttelse. Principielt skulle høreapparaterne ikke forstærke lyden, men brugerne udnyttede den niveaubegrænsning og impulsdæmpning som moderne høreapparater kan udføre.

Det meget komplekse problem på musikområdet har gjort at musik- og underholdningsbranchen har fået to års ekstra frist til at implementere direktivet (EU 2003). Direktivet træder i kraft den 15. februar 2006, men branchen skal anvende de to år til bl.a. at lave en vejledning for hvordan direktivet kan implementeres. Dette arbejde er i gang.

Referencer:

Bray, A., M. Szymanski, et al. (2004). "Noise induced hearing loss in dance music disc jockeys and an examination of sound levels in nightclubs." Journal of Laryngology & Otology **118**(2): 123-128.

- EU (2003). Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2003/10/EF om minimumforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af fysiske agenser (støj): L 42/38 - L 42/44.
- Gunderson, E., J. Moline, et al. (1997). "Risks of developing noise-induced hearing loss in employees of urban music clubs." American Journal of Industrial Medicine **31**(1): 75-79.
- Henoch, K. (2000). "Instrument-specific Reports of Hearing Loss: Differences between Classical and Nonclassical Musicians." Medical Problems of Performing Artists **15**(1): 35.
- ISO-1999 (1990). Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. Geneva, International Organisation for Standardisation.
- Johnson, D., R. Sherman, et al. (1986). "Extended high frequency hearing sensitivity. A normative threshold study in musicians." Ann Otol Rhinol Laryngol. **95**: 196-202.
- Kijne, J. C. (2001). Rytmsk musik og høreskader. En undersøgelse af høretab og lydpåvirkninger af rytmiske musikere (In Danish). Acoustic Technology. Lyngby, Technical University of Denmark.
- Kähäri, K. (2002). The influence of music on hearing. A study in classical and rock/jazz musicians. Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine. Gothenborg, University of Gothenborg.
- Laitinen, H. (2005). "Factors Affecting the Use of Hearing Protectors among Classical Music Players." Noise and Health **7**(26): 21-29.
- Laitinen, H. and T. Poulsen (200x). "Musicians' evaluation of their working environment, self reported ear symptoms and the use of hearing protectors." International Journal of Audiology **Under preparation**.
- McBride, D., F. Gill, et al. (1992). "Noise and the classical musician." British Medical Journal **305**: 1561-1563.
- Obeling, L. and T. Poulsen (1999). "Hearing ability in Danish symphony orchestra musicians." Noise and Health **2**: 43-49.
- Sadra, S., C. A. Jackson, et al. (2002). "Noise exposure and hearing loss among student employees working in university entertainment venues." Annals of Occupational Hygiene **46**(5): 455-463.
- Sataloff, R. (1991). "Hearing loss in musicians." Am J Otol **12**(2): 122-127.
- Vause, N. and D. Grantham (1996). "Effect of musician's earplugs and protective headgear on localization ability in the horizontal plane." J. Acoust. Soc. Am. **99**(4): 2597-2603.

2. Definitioner af støj

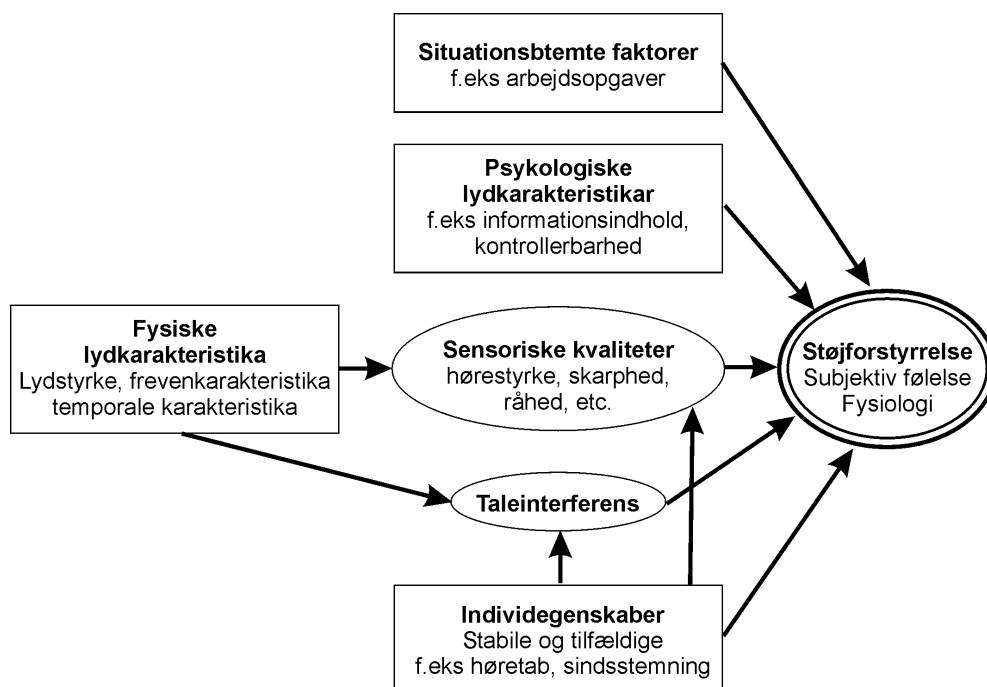
2.1 Hvad gør lyd til støj?

Søren Peter Lund

Lyd er en naturlig del af vores omgivelser, og i form af tale en nødvendig del af kommunikationen med vores medmennesker. En stor del af vores kontakt med omverdenen formidles gennem forskellige lyde, behagelige som ubehagelige. De er med til at karakterisere forholdene i vores omgivelser og til at fremme vores velbefindende, f.eks. lyden af vores børn, der leger, eller familiens konversation (Stockfelt, 1991). Støj er den lyd, vi helst er fri for, men støj kommer dermed til at stå i modsætning såvel stilhed og som de lyde, vi ønsker ikke at høre. Den almindeligt anvendte definition af støj er, at støj er uønsket og forstyrrende lyd, og denne definition stemmer rimeligt overens med vores almindelige opfattelse af begrebet støj. I praksis er den vanskelig at anvende, dels fordi den er subjektiv, og dels fordi vi sjældent er bevidste om, hvilke lyde vi gerne vil høre.

Udsættelse for støj i form af for kraftig lyd kan medføre høreskade, men høreskadende støj vil i reglen også være både generende og forstyrrende. Forstyrrelse i relation til støj omfatter såvel de gener, man direkte oplever som en negativ følelsesmæssig reaktion på lyden, men også de påvirkninger, man ikke direkte forbinder med lyden, men som alligevel kan give anledning til træthed og irritation. Støj kan gøre arbejdsopgaver sværere at gennemføre, og støj kan give anledning til negative fysiologiske reaktioner. Sidstnævnte omtales ofte som stressreaktioner. Et særligt forhold relaterer sig til hørehæmmede, der på grund af deres nedsatte høreevne ikke blot har sværere ved at høre, men også er særligt sårbare overfor gener og ubehag ved støjudsættelse (se kapitel 3).

Figur 1.



Begrebslig referenceramme for støj og støjforstyrrelse efter Kjellberg (1999).

Hvad der i en given situation gør lyd til støj er et kompleks sammenspil mellem lydkilden, lydtransmissionen frem til lytteren, situationen omkring lytteren, psykologiske ikke-akustiske egenskaber ved lyden, og individuelle karakteristika hos lytteren (se figur 1). Blandt disse er lytterens hørevæne vel nok den mest betydningsfulde faktor, men der synes at være en tilbøjelighed til at overse dette. Lyd eller støj fra menneskelig aktivitet er særlig knyttet til forstyrrelse fra andres tale, men støj fra andre aktiviteter må også inddrages til samlet vurdering af støjgener og -forstyrrelse i forhold til støjudsatte personer. Ideelt set burde de ikke akustiske forhold bedømmes kvantitativt i forhold til lydniveauets effekt, dvs. en kvantitativ beregnet værdi af, hvor meget lydniveauet skal forhøjes for at opnå samme effekt uden de ikke-akustiske faktorer (Kjellberg, 1999). Dette vil dog være en meget vanskelig opgave, og vil også kræve løsning på problemerne omkring en vægtning af lydens akustiske karakter i forhold til lydniveauet.

Den største del af forskningen i gener og forstyrrelse ved støjudsættelse er foretaget i forbindelse med undersøgelser af trafikstøj, mens omfanget af undersøgelser af gener fra støj i arbejdsmiljøet er forholdsvis begrænset. En forskergruppe omkring Anders Kjellberg fra det svenske Arbejdslivsinstitut har været de ledende indenfor karakteriseringen af forstyrrelse og gene af støj i arbejdsmiljøet. I det følgende vil blive givet en kort gennemgang af, hvilke forhold der har særlig betydning for opfattelsen af lyd som støj, der i væsentlig grad baserer sig på Anders Kjellbergs fremstilling i rapporten "Størende Buller" (Kjellberg, 1999).

Lydniveauet

I arbejdsmiljøet er reguleringen af støj i al væsentlighed baseret på den høreskadende effekt af høje lydtryksniveauer. Den væsentligste parameter er støjbelastningen, som er det gennemsnitlige A-

vægtede lydtryksniveau målt over en 8 timers arbejdsdag. Hvis støjbelastningen overstiger 80 dB(A), er der risiko for at støjudsættelsen kan skade hørelsen hos den udsatte. Der skelnes i den sammenhæng ikke mellem lyd og støj, idet maskinstøj såvel som musik i lige grad kan skade hørelsen. Det er primært lydens energi, der er afgørende for den høreskadende effekt hos den udsatte, dog lige med den tilføjelse, at der ved forekomst af støjimpulser (dvs. pludselige, høje lyde som pistolskud og hammerslag på metal) skal foretages et tillæg på 5 dB, såfremt støjimpulserne forekommer hyppigere end én gang i minuttet. I al væsentlighed er lyd ved høje lydtryksniveauer i stand til at fremkalde høreskade, og betegnes helt uanset lydens karakter og sammenhæng med andre forhold som støj. Det er samtidig indlysende, at der ved høje lydtryksniveauer er meget stor sandsynlighed for, at lyden også er generende og forstyrrende, særligt hvis man ufrivilligt er udsat for lyden, og den i øvrigt ikke har nogen betydning eller værdi for en.

Sænkes lydtryksniveauet til gengæld, begynder andre forhold omkring lyden at betyde mere for graden af den medførte forstyrrelse og gene. Årsagen til lydens opståen og lydkilden er stadig af væsentlig betydning, men også forhold som omgivelsernes akustik og lydtransmissionen frem til personen har betydning. Måske endnu vigtigere er personens relation til lyden, samt en række andre faktorer af betydning for personens velbefindende. Særlig meget betyder personens hørelse, idet tab af høreevne samtidig medfører større sårbarhed og ubehag ved høj lyd (Kjellberg, 1999).

En række undersøgelser af trafikstøjsproblemer i boligområder har vist, at den gennemsnitlige genevirkning og den andelen af de støjudsatte, der angiver at være ”meget generet”, er robuste parameter, der kan forudsiges på basis af den undersøgte gruppes gennemsnitlige udsættelse for støj (Miedema & Oudshoorn, 2001; Miedema & Voss, 2003). Modsat kan kun en ret lille del af de individuelle forskelle i gener forklares med forskelle i udsættelsesniveau. Samme tendens kan findes i undersøgelser af støjgener i arbejdsmiljøet. Manglende repræsentativitet i valget af måleperioder kan også nedsætte associationen mellem den målte støjbelastning og støjens genevirkning. Ved en undersøgelse af støjudsættelse og genevirkninger ved mange forskellige typer arbejdspladser, der alle havde et støjniveau under 85 dB(A), kunne kun 23 procent af variansen ($r=0,48$) forklares ved forskelle i den målte støjbelastning (Kjellberg et al., 1996). Ved senere analyser på samme data fandt man, at lydtryksniveauet ikke kunne forklare en statistisk signifikant del af variansen hos gruppen med kontorarbejde, fordi variationen i støjbelastningen i denne gruppe var relativt begrænset (Landström et al., 1992). Hvis eksempelvis det gennemsnitlige lydtryksniveauet blev korreleret med en almen bedømmelse af støjens genevirkning på arbejdspladsen, faldt korrelationen (fra $r=0,48$ til $r=0,29$) og blot 8 % af den almene bedømmelse af støjen kunne forklares med det målte lydtryksniveau. Det er således vanskeligt at beskrive, hvor meget af det frekvensvejede lydtryksniveau, der kan henføres til henholdsvis akustiske og ikke akustiske forhold. Formodentlig kan omkring 25% af støjens genevirkning tilskrives den målte gennemsnitlige støjbelastning, og de ikke akustiske forhold af støjens genevirkning har således langt større betydning (Kjellberg, 1999).

Lydens informationsindhold

Uvedkommende tale hører til det største støjproblem på mange arbejdspladser, men problemet er særligt udtalt på kontorarbejdspladser (Landström et al., 1992). Man er dog nødt til at skelne mellem distraktion og forstyrrelse, idet distraktion relaterer sig til spørgsmål omkring støjens indflydelse på arbejdspræstationen, og mens forstyrrelse vurderes på basis af det subjektive ubehag ved støjen (Kjellberg et al., 1996). Uvedkommende tale og telefoner påvirker i særlig grad arbejdspræstationen, mens talens lydtryksniveau har forholdsvis ringe indflydelse på de oplevede

gener. Dette har medført, at man i kontorlandskaber har forsøgt at maskere tale med baggrundslyd ("Sound conditioning"). I de tilfælde, hvor man har positiv effekt af maskeringen, opleves baggrundslyden desværre ofte som uforholdsmæssigt generende (Kjellberg & Skölström, 1991).

Informationsindholdets betydning for distraktion og forstyrrelse tydeliggøres ved, at tale på et for lytterens eget sprog har langt større negativ effekt på koncentrationskrævende opgaver som eksempelvis forståelse ved læsning, end tale på et fremmed sprog (Jones, 1990). Men andre lyde end tale kan have et informationsindhold, der gør dem mere eller mindre generende eller forstyrrende. Udløses der en alarm ved fejl på en maskine, kan lyden være både stærkt forstyrrende og generende for uvedkommende, mens lyden for den person, der passer maskinen, ikke opleves som generende, fordi det er et varslingsignal om en nødvendig indgriben i arbejdsprocessen.

Lydens forudsigelighed og kontrollerbarhed

Indenfor psykosocial stressforskning har mange undersøgelser påvist, at uforudsigelige og ukontrollerbare hændelser er mere stressende end tilsvarende forudsigelige og kontrollerbare hændelser (Thompson, 1981). Ved undersøgelser af trafikstøj har man fundet, at den oplevede kontrol har betydning for, hvor generet man føler sig af støjen. De som føler, at man har mulighed for at påvirke myndighedernes beslutning, er generelt mindre generede af støjen end de, som føler sig ude af stand til at ændre på forholdene (Jue et al., 1984).

For støjudsættelse på arbejdspladsen er det vist, at lydens forudsigelighed og kontrol er associeret til distraktion i forhold til arbejdsopgaven, mens den er uafhængig af den oplevede forstyrrende effekt. Dvs. at den subjektivt oplevede forudsigelighed havde betydning for, i hvilken grad lyden forstyrrede arbejdet (Kjellberg et al., 1996). Som konsekvens heraf kan man ved kontorarbejde acceptere ganske høje støjniveauer, hvis støjen blot er en konsekvens af egne aktiviteter. Den egenproducerede støj kan ses som en uundgåelig konsekvens af en arbejdsproces, der nødvendigvis skal gennemføres. Andre forhold kan have indflydelse på, hvor meget man reagerer på lyde, man selv er årsag til, herunder lyde, der indeholder information om arbejdsprocessen og virker som et feedback processen til operatøren.

I laboratorieundersøgelser har man fundet, at intermitterende lyd har større negativ effekt på præstationen end kontinuerlig lyd, og denne effekt forstærkes, hvis lyden fremkommer i et uforudsigeligt mønster (Kohfeld et al., 1978). Denne effekt af uforudsigelig støjeksponering kan tilmed fortsætte efter en støjudsættelse, idet man har fundet nedsat præstation også i tiden efter udsættelsen, samt at denne følgevirkning var større, når støjen var uforudsigelig og ukontrollerbar (Singer et al., 1990).

Arbejdsopgaver og arbejdets karakter

Den subjektive forstyrrelse og gene af støj antages at være afhængig af arbejdsopgavernes karakter. Dette må i særlig grad forventes, når lyden maskerer den information, der er nødvendig for at udføre arbejdsopgaven. Kjellberg et al. (1996) har da også fundet, at der er en høj grad af sammenhæng mellem taleinterferens og vurdering af forstyrrelse. Derimod er den empiriske støtte for denne sammenhæng mindre entydige og betydeligt svagere for andre aspekter af arbejdsopgavernes karakter. For eksempel er forstyrrelsen af støj mindre, jo mere engagerende arbejdsopgaven vurderes at være, og modsat synes arbejdsopgavens kompleksitet at øge lydens forstyrrende effekt. Regneopgaver synes at være særligt støjfølsomme (Purcell og Thorne, 1977).

En særligt forstyrrende kombination af lyd og arbejdsopgaver synes at være uvedkommende tale under arbejde med verbal opgave (Kjelberg og Skjöldström, 1991). Under velkontrollerede laboratoriebetingelser har man også kunnet påvise konsistente forskelle i forstyrrelse under forskellige arbejdsopgaver, men det er påfaldende, at forskellene er ganske små og kun kan forklare en mindre del af de forskelle, som generelt synes at foreligge mellem forskellige typer arbejdspladser. Det er derfor sandsynligt, at divergenser i meningsfuldhed og manglende mulighed for undvigelse af støjen er en meget væsentlige faktorer til forklaring af de nævnte forhold.

Effekter af arbejde i støjfyldt arbejdsmiljø, er særligt fremtrædende i opgaver, som ikke direkte afspejles i den enkeltes præstationsevne, men som påvirker motivationen til at klare sig godt i opgaven (Singer et al., 1990). Tolkningen af dette er, at arbejdet i visse tilfælde er mere trættende under støjudsættelse, og efterfølgende er motivationen mindre til at yde samme arbejde i en tilsvarende opgave. Sådanne seneffekter af støjudsættelse kan også opstå, uanset den første præstation var relativt upåvirket af den samtidige støjudsættelse (Kjellberg, 1999).

Muligheder for at undvige og tiltag til begrænsning af støjen

På et værksted betragtes støjen ofte som en uundgåelig del af arbejdsforholdene, medens tilsvarende lyd vil blive anset som helt unødvendig på et tilknyttet kontor. Dette er sandsynligvis hovedårsagen til at støjudsættelse anses som acceptabel på værkstedet, men ikke på kontoret. I en undersøgelse bad Kjellberg et al. (1996) deltagerne om at vurdere, hvor store muligheder der var for at sænke lydniveauet på arbejdspladsen. Deres bedømmelse viste sig at følge deres vurdering af genererne ved støjen. Dem, som anså at der var gode muligheder for at reducere lydniveauet, var mere generede end dem, som mente at der allerede var gjort, hvad der kunne gøres. Forskellen i vurderingen af genererne afveg med et frekvensvejet lydtryksniveau på mere end 10 dB.

De subjektive reaktioner på støj kan påvirkes af hvilken attitude man har til støjkilden. Eksempelvis var de personer, som angav at være mindst generede af støjen fra Concorde-overlydsflyet også de, som havde de stærkeste nationale følelser for Concorde-projektet (McKenna, 1980). Vurderingen af støjen i et boligområde kan tilsvarende tænkes at afspejle en generel holdning til boligområdet, snarere end at være en reaktion på støjen (Jonah et al., 1981). Kjellberg et al. (1996) finder således også, at negative vurderinger af støjen på arbejdspladsen var stærkt forbundet med utilfredshed med andre aspekter af arbejdsmiljøet.

Individuelle forskelle i reaktion på støj

Samme lyd kan fremkalde vidt forskellige reaktioner hos forskellige mennesker, men det er uklart i hvilken udstrækning disse forskelle beror på en generel og stabil forskel i følsomhed overfor støj, eller om de skyldes tilfældige forskelle i det enkelte individs tilstand og andre situationsbestemte forhold. Såfremt man kan konstatere, at der findes stabile og generelle forskelle mellem forskellige individers reaktion til støjudsættelse, er det tilmed uklart om det er et udslag af en specifik støjfølsomhed, eller det skal ses som en mere generel følsomhed overfor genererne fra en række andre faktorer (Stansfeld, 1992).

Der findes indikationer på, at individforskelle i præstation under støjudsættelse er mindre stabile end forskelle i de subjektive reaktioner, og erfaring i den aktuelle arbejdsopgave har stor indflydelse på de nævnte forskelle. Årsagen til at mere komplekse opgaver er mere følsomme over for støjpåvirkning kan antages at være, at disse opgaver kræver en større del af den mentale kapacitet,

så man kun har en lille reservekapacitet til at klare den ekstra belastning, der følger med støjudsættelsen. Tilsvarende vil træning i en arbejdsopgave betyde, at samme præstation kan opnås med en mindre del af den tilgængelige kapacitet. Dette kan forklare, at de største negative præstationseffekter ved støjudsættelse blev fundet hos dem, der havde de største vanskeligheder med opgaven (Schultz & Battmann, 1980).

Spørgsmålet er, om der findes grupper, der er særligt følsomme overfor støj, og for hvem der måske skal stilles større krav til et godt lydmiljø. Man har dog ikke umiddelbart kunne påvise nogen klar relation mellem støjfølsomhed og parametre som køn og alder. Den eneste gruppe som næsten altid viser sig at være mere følsom overfor støj er personer med nedsat høreevne, hvilket kan tilskrives det forhold, at støj i højere grad vanskeliggør taleopfattelsen for den hørehæmmede end de normalthørende (Aniansson et al., 1983), samt den forvrængning af lyden, der er en følge af høretabet og som bidrager til, at støj opfattes som mere ubehageligt (Kjellberg, 1999).

Referencer

Aniansson G, Pettersson K, Peterson Y. Traffic noise annoyance and noise sensitivity in persons with normal and impaired hearing. *J Sound Vib.* 1983, 88: 85-97.

Jonah BA, Bradley JS, Dawson NE. Predicting individual subjective responses to traffic noise. *J Appl Psychol.* 1981, 66: 490–501.

Jones D. Recent advances in the study of human performance in noise. *Environ Int.* 1990, 16: 447–458.

Jue GM, Shumaker SA, Evans GW. Community opinion concerning airport noise-abatement alternatives. *Jour Environ Psychol.* 1984, 4: 337–345.

Kjellberg A. Betydelsen av icke-akustiske förhållande og individuella skillnader. In: *Störande buller. Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation*. Landström U, Arlinger S, Hygge S, Johansson Ö, Kjellberg A, Persson KW. Arbetslivsinstitutet, Arbete och hälsa 1999: 27.

Kjellberg A, Landström U, Tesarz M, Söderberg L & Åkerlund E (1996a) The effects of nonphysical noise characteristics, ongoing task and noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work. *J Environ Psychol* 1996, 16: 123–136.

Kjellberg A, Sköldström B. Noise annoyance during the performance of different nonauditory tasks. *Percept Mot Skills.* 1991, 73: 39–49.

Kohfeld DL, Goedecke DW () Intensity and predictability of background noise as determinants of simple reaction time. *Bull Psychon Soc.* 1978 12, 129-132.

Landström, U., Kjellberg, A., Tesarz, M. & Åkerlund, E. *Samband mellan exponeringsnivå och störningsgrad för buller i arbetslivet*. Arbetsmiljöinstitutet, Arbete och Hälsa 1992: 42.

McKennell AC. Annoyance from Concorde flights around Heathrow. In: Tobias JV, Jansen G, Ward WD eds. *Proceedings of the Third International Congress on Noise as a Public Health Problem*. 1980: 562-566, ASHA Reports 10, American Speech-Language-Hearing Association, Rockville, Maryland.

Miedema HM, Vos H. Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *J Acoust Soc Am*. 2003, 113:1492-1504.

Miedema HM, Oudshoorn CG. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ Health Perspect*. 2001;109:409-416.

Purcell AT, Thorne RH. An alternative method for assessing the psychological effects of noise in the field. *J Sound Vib*. 1977. 55, 533-544.

Singer JE, Acri JB, Schaeffer MH. Cognitive changes from noise exposure. In: Berglund B & Lindvall T eds. *Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. 1990, 4: 401-409, Swedish Council for Building Research, Stockholm.

Schulz P, Battmann M. Die Auswirkungen von Verkehrslärm auf verschiedenen Tätigkeiten. *Ze Z Exp Angew Psychol*. 1980, 27: 592–606.

Stansfeld SA. Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder – epidemiological and psychophysiological studies. *Psychol Med*. 1992, Supplement 22.

Stockfelt T. Sound as an existential necessity. *J Sound Vib*. 1991, 151: 367-370.

Thompson SZ. Will it hurt less if I can control it? A complex answer to a simple question. *Psychol Bull*. 1981, 90: 89-101.

2.2 Støj og signal

Jakob Christensen-Dalsgaard og Torben Poulsen

Uønskede fysiologiske og psykologiske effekter af lyd.

Støj er ikke noget bestemt slags signal, men kan være alle slags lyde, afhængigt af personens sindsstemning. En definition, som bruges i dagligsproget, er at støj er enhver uventet lyd, specielt kraftige, ikke-musikalske lyde. Selvom denne definition også er subjektiv, er den lettere at have med at gøre, fordi reaktioner på uventet, kraftig lyd faktisk kan måles objektivt (startle respons) både psykofysisk og fysiologisk.

I modsætning til disse definitioner, hvor støj defineres ved sine virkninger snarere end ved sine egenskaber, er støj i den tekniske litteratur et formelt veldefineret signal, i det følgende kaldet støjsignal, hvis væsentlige karakteristikum er, at det fluktuerer (mere eller mindre) tilfældigt. Man taler for eksempel om 'hvid støj' (der indeholder alle frekvenskomponenter af lyd), Gaussisk støj (hvor signalets amplitude er normalfordelt), 'lyserød' støj (pink noise), hvor frekvensspektret er vægtet med $1/f$ dvs. de lave (dybe) frekvenser er kraftigere end de høje (lyse) frekvenser. Fælles for de tekniske støjsignaler er, at de er veldefinerede og derfor let kan genereres (og fjernes!). Grunden til, at disse signaler kaldes støjsignaler, er, at elektrisk støj i telefonkabler ofte vil minde om hvid støj. Lyd der er sammensat af mange uafhængige (dvs. ikke-korreleerede) lydkilder (f.eks. lyd fra trafik eller fra en folkemængde) kan også tilnærmes med hvid, lyserød eller båndbegrænset støj. De tekniske støjsignaler har haft stor anvendelse netop til at undersøge effekter af menneskeskabt lyd på mennesker og dyr og ved afhjælpning af støjbelastning ved afskærmning. Imidlertid stemmer definitionen af støj som signal (teknisk støj) ikke overens med definitionen af støj som uønsket lyd, da signaler, der har samme karakteristik som de tekniske støjsignaler, kan være betydnings-bærende og yderst interessante for personen. For eksempel vil konsonanten 's' minde om et støj-signal, ligesom støj fra havet eller fra trafik kan have nyttig information for en person. Omvendt er mange yderst generende lyde (impulslyde, f.eks.) ikke støjsignaler i teknisk forstand. Det er vigtigt at bemærke, at man ved at holde sig til den tekniske støjdefinition sandsynligvis undervurderer de skadelige effekter af lyd.

En mere operationel definition af støj er, at støj er forstyrrende eller generende lyd. Det forstyrrende/generende er oftest defineret ud fra den opgave eller funktion som personen udfører (eller defineret ved psykologiske og fysiologiske målinger), og der er derfor ikke noget veldefineret lydsignal, som kan associeres med støj. Hvis opgaven for eksempel er at følge med i en samtale, er alle uvedkommende lyde inklusiv anden tale forstyrrende støj; hvis opgaven er at analysere et stykke musik, vil også anden musik fungere som støj. Støj ifølge denne definition er stadig karakteriseret ved uønskede effekter, men disse effekter kan undersøges objektivt ved at måle en forringet ydeevne i forhold til den stillede opgave. En almindelig form for støjgene er, at lyden er irriterende i sig selv. I dette tilfælde, hvor der ikke er en funktion, der påvirkes af støj, kan støjbelastningen stadig karakteriseres ved detektionstærskler og undersøges fysiologisk (undersøgelser af stress, søvnforstyrrelse, høreskader etc.).

En overskrift på denne udredning kunne derfor være 'uønskede effekter af menneskabt lyd' snarere end 'Effekter af uønsket lyd'. Lyd kan have mange uønskede (defineret ud fra opgaven)

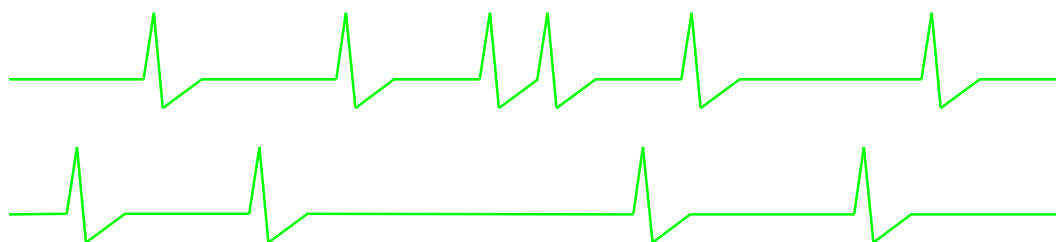
påvirkninger af organismen. I det følgende vil vi beskrive dem fra de 'mildeste' (maskering) til mere alvorlige påvirkninger, som kan føre til skader.

Maskering.

Den simpleste form for maskering optræder, hvor detektion af et signal bliver forhindret ved, at et andet signal, masken, 'dækker' over det (se Long, 1994). Maskens effektivitet afhænger af forholdet mellem maskens og signalets energi eller effekt, det såkaldte signal/støjforhold (SNR), og derfor kaldes denne type maskering også energimaskering (Durlach et al., 2003). Den simpleste fysiologiske forklaring på maskering er, at nerveaktiviteten ved stimulering med signal+maske bliver vanskelig at skelne fra baggrundsaktiviteten (dvs nerveaktiviteten ved stimulering med maske alene), og at det derfor er vanskeligere for centralnervesystemet at detektere signalet.

Energimaskering er nok den simpleste model for støjs påvirkning af hørelsen. I den tekniske litteratur er masken ofte et teknisk støjsignal, men i princippet kan alle lyde maskere, og maskens effektivitet er netop karakteriseret operationelt, som i vor støjdefinition (dvs. som en forøgelse af detektions- eller diskriminationstærskler). Energimaskering kan beskrives fyldestgørende ud fra vort kendskab til processer i det indre øre, cochlea. Frekvensanalysen i cochlea gør, at cochlea kan opfattes som en filter-bank med båndpasfiltre med forskellig centerfrekvens. Hvis nervesystemet sammenligner 'signal+maske' og 'maske alene' filtreret gennem filterbanken, er det klart, at maskens effekt afhænger dels af energien, dvs. forholdet mellem signal og maskes lydenergi, og dels af, om maskens lydenergi ligger i det samme frekvensområde som signalets (se fig. 1).

Fig. 1.



Hvorfor maskerer støj? Her er maskering set fra centralnervesystemet. De to liner viser nerveaktivitet (elektrisk signal) i en enkelt hørenervefiber. Et af sporene er nerveaktivitet, når signal og støj er til steds samtidigt, det andet spor er responset frastøj alene. Centralnervesystemets opgave er at sammenligne de to spor og afgøre, om de er forskellige, samt hvilket spor, der sandsynligvis er nerveaktiviteten med signal. Jo kraftigere maskeringen er, jo mindre forskel vil der være på de to spor. Hvis masken og signalet har energi i forskellige frekvensområder, vil nerveaktiviteten i nogle af hørenervefibre være relativt upåvirket af støj.

Dette faktum bruges til måling af kritiske bånd ved adfærdsforsøg (psykoakustik), hvor forsøgspersonen skal detektere en tone i båndbegrænset støj. For smalbåndet støj stiger maskens effektivitet med båndbredden, men når maskens båndbredde overstiger den kritiske båndbredde, er maskens effektivitet konstant (Long 1994). Den kritiske båndbredde er et mål for båndbredden af filtrene i cochlea, og forsøg af denne type kan bruges til at karakterisere filtrene i cochlea ved psykoakustiske forsøg (se bl. a. Oxenham og Plack 1997) med god overensstemmelse med fysiologiske målinger (f.eks. målinger af otoakustiske emissioner eller af vibrationer af basilar membranen). Med andre ord er energimaskering (og støjs effekter i forbindelse hermed) relativt velbeskrevne og kan stort set forklares ved cochleære mekanismer.

Informations-maskering

En anden type maskering er informations-maskering (informational masking). Informations-maskering (definition: se Durlach et al., 2003) er maskering, som forhindrer detektion af et signal, men hvor den maskerende effekt ikke kan forklares ved simpel filtrering af maskens lydenergi som ved energimaskering. For eksempel vil evnen til at følge en talende kunne forstyrres af en anden talende, selvom lydene ikke kommer samtidig. Informationsmaskering skyldes processer på højere niveau i hørebanen (centralnervesystemet) og er vanskeligere at karakterisere end energimaskering, bl.a. fordi der er stor forskel fra forsøgsperson til forsøgsperson (Durlach et al. 2005).

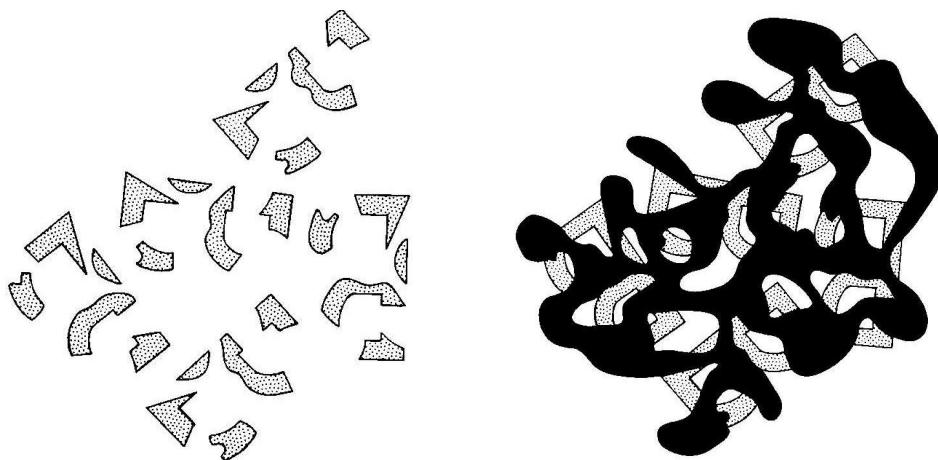
Andre effekter af støj udover maskering er påvirkning af koncentration og opmærksomhed. Disse effekter er ligesom informationsmaskering vanskeligere at måle end energimaskering og vil vise større variabilitet fra person til person. Imidlertid er det vigtigt at bemærke, at informationsmaskering såvel som støjs påvirkning af koncentration og opmærksomhed er yderst relevant at undersøge i forbindelse med støj fra menneskelig aktivitet. I et storrumskontor, hvor man udsættes for støj fra andre personers tale, vil støjen sjældent energimaskere, og traditionelle metoder til at karakterisere støj (dosimetri, lydtrykmålinger etc.), vil undervurdere støjgenerne. Specielt må det bemærkes, at der ikke er nogen klar sammenhæng mellem lydtrykket og graden af maskering ved informationsmaskering.

Afmaskering (release from masking)

Signalbehandlingen i nervesystemet kan modvirke gener ved maskering på to måder. Den ene er ved det indre øres frekvensfiltrering, som nævnt ovenfor, som forbedrer signal-støj forholdet i nogle af nervefibrene. Det er dog vigtigt at lægge mærke til, at nervesystemet efter filtreringen behandler både informationen om støjen og informationen om signalet. Derfor kan information om støjen også bruges til at adskille den fra signalet. En af de vigtige funktioner for hørelsen er at adskille lyde fra forskellige lydkilder, en kompliceret opgave i betragtning af, at alle lydkomponenter summeres på trommehinderne og derfor må separeres og 'bundtes' af centralnervesystemet (Bregman, 1990; Yost & Sheft, 1993). Der er derfor ikke tvivl om, at tilordningen af lydkomponenter til lydkilder ('Auditory Streaming') stiller meget store krav til neural behandling. Adskillelsen af maske og signal i forskellige strømme nedsætter maskeringen, uanset om der er tale om energimaskering eller informationsmaskering. Det er velkendt, at forskelle i retning til maske og signal nedsætter maskens effektivitet (spatial release from masking), men fælles amplitudemodulation af maskens lydkomponenter kan også reducere maskeringen. Figur 2 viser en visuel analogi; den eneste information, der er tilføjet i billedet til højre, er information om masken.

De psykologiske effekter af støjmaskering, f.eks. nedsat effektivitet og tab af koncentration kan være generende nok, men giver ikke direkte fysiologisk målelige høreskader (men muligvis skader i form af stress). Andre forstyrrende/generende effekter af lyd kan være søvnbesvær og associerede stress-relaterede skader (øget blodtryk, for eksempel) (DeJoy, 1984; Loeb 1981). Der er et direkte fysiologisk 'startle'-respons på kraftige impulslyde (Koch, 1999, Christensen-Dalsgaard 2002), som derfor vil være ekstra generende. I modsætning hertil er en konstant lyd sjældent så generende, fordi hørelsen vænner sig til lyden og nervesystemet generelt reagerer kraftigst på ændringer i lydpåvirkningen.

Fig. 2



Figuren viser et visuelt signal med en maske. I figuren til venstre ser man ikke masken, men kun en mængde tilfældige figurer. Læg mærke til, at den eneste information, der er tilføjet i figuren til højre (som gør det meget lettere at detektere signalet som er et antal B'er), er information om masken. På samme måde kan karakterisering af støjen nedsætte maskeringen fra den.
Efter Bregman 1990.

Ved højere lydtryk er der to mulige fysiologiske påvirkninger. Mellemørerefleksen kan blive aktiveret, hvilket fører til midlertidigt nedsat følsomhed, men lydpåvirkning kan også resultere i høreskader. De ydre hårceller i cochlea er åbenbart mest følsomme for skader ved lydpåvirkning, og skader kan observeres ved lydtryk, der ikke opleves som specielt kraftige. Kraftige, meget kortvarige impulslyde (klik) er farligst, fordi lydenergien ikke er specielt høj, og lyden derfor ikke opleves som særlig kraftig, selvom det øjeblikkelige lydtryk er højt nok til at ødelægge sansehår i cochlea. Det skal betones, at disse skader ikke er knyttet til støj i betydningen 'uønsket lyd', men sagtens kan forekomme i forbindelse med 'ønsket lyd' som f.eks. musik, hvor navnlig slagtpøj og elektronisk forstærket lyd kan give høreskader. Det er muligt, at også tale og råben (for eksempel i børneinstitutioner) kan give høreskader, men det er endnu ikke veldokumenteret.

Følgeeffekten af sådanne høreskader er hørenedsættelse, ofte i et begrænset frekvensområde, men selv et lille høretab kan føre til vanskeligheder ved at følge med i en samtale, når der er flere, der taler eller når der er baggrundsstøj. Andre følgeeffekter er typisk tinnitus (øresusen). Der er stor individuel variation i, hvor let personer udvikler høreskader, og sårbarheden kan være genetisk betinget, dvs. at individer med bestemte genotyper lettere får høreskader (Davis et al. 2001; Tranerbjerg, 2002).

Med hensyn til modtageligheden for høreskader er der undersøgelser, der antyder, at hørelsen skal 'holdes i gang'. Man kan bedst modstå høreskader hvis hørelsen i det daglige påvirkes med moderate lydniveauer (Fleischer & Müller, 2005). Stilhed gør hørelsen mere modtagelig for høreskader fra pludselige, kraftige lyde som for eksempel skud og fyrværkeri.

Referencer

Bregman AS (1990) Auditory Scene Analysis. Cambridge (Mass.): MIT press, Cambridge Massachusetts, London

Christensen-Dalsgaard J (2002) Towards a neuroethology of human hearing. I: Tranebjærg L, Christensen-Dalsgaard J, Andersen T, Poulsen T: Genetics and the function of the auditory system, Proceedings of the 19th Danavox Symposium, Holmens Trykkeri, Danmark.

Davis RR, Newlander JK, Ling X, Cortopassi GA, Krieg EF, Erway LC (2001) Genetic basis for susceptibility to noise-induced hearing loss in mice. *Hear Res* 155: 82-90

DeJoy DM (1984) The nonauditory effects of noise: review and perspectives for research. *J Aud Res* 24: 123-150

Durlach N, Mason CR, Gallun FJ, Shinn-Cunningham BG, Colburn HS, Kidd C (2005) Informational masking for simultaneous nonspeech stimuli: Psychometric functions for fixed and randomly mixed maskers. *J Acoust Soc Am* 118: 2482-2497

Durlach N, Mason CR, Kidd C, Arbogast TL, Colburn HS, Shinn-Cunningham BG (2003) Note on informational masking (L). *J Acoust Soc Am* 113: 2984-2987

Fleischer G, Müller R (2005): On the relation between exposure to sound and auditory performance. Proceedings, Society of Automotive Engineers 2005-01-2396, ISBN 0-7680-1657

Koch M (1999) The neurobiology of startle. *Prog Neurobiol* 59: 107-128

Loeb M (1981) The present state of research on the effects of noise: are we asking the right questions? *J Aud Res* 21: 93-104

Long G (1994) Psychophysics. In: Fay RR, Popper AN (eds): *Comparative Hearing: Mammals*. Springer Handbook of Auditory Research, vol. 4, p. 18-56. Springer Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.

Moore BCJ (1993) Frequency analysis and pitch perception. In: Yost WA, Popper AN, Fay RR (eds) *Human psychophysics*. Springer Handbook of Auditory Research, vol 3, p. 56-115. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.

Moore BCJ (1997) *An introduction to the psychology of hearing*, 4th ed.. London: Academic Press

Oxenham AJ, Plack CJ (1997) A behavioral measure of basilar-membrane nonlinearity in listeners with normal and impaired hearing. *J Acoust Soc Am* 101: 3666-3675

Tranebjærg L (2002) Introduction to inheritance, chromosomes, genes, and hearing impairment. I: Tranebjærg L, Christensen-Dalsgaard J, Andersen T, Poulsen T: Genetics and the function of the auditory system, Proceedings of the 19th Danavox Symposium, Holmens Trykkeri, Danmark, p.11-25

Yost WA (1993) Overview: Psychoacoustics. In: Yost WA, Popper AN, Fay RR (eds) op. cit. p. 1-12. Springer Berlin Heidelberg New York.

Yost WA, Sheft S (1993) Auditory perception. In: Yost WA, Popper AN, Fay RR (eds) op. cit. p. 193-236

3 LYDMÅLINGER

Per Møberg Nielsen

Måling af høreskadende og generende lyd

Vi udsættes alle i vor hverdag for kraftige lyde, der hverken er generende eller udgør nogen helbredsmæssig risiko. Samtidig udsættes vi også daglig for svagere lyde, der både kan være stærkt generende og udgøre en helbredsmæssig belastning. Lydniveauet er således - isoleret set - ikke tilstrækkeligt til at forudsige gener eller belastninger. Det er derfor ikke tilstrækkeligt at bestemme lydniveauet og derefter sammenholde resultatet med en støjgrænse. Målemetoder og deres praktiske gennemførelse skal tilpasses formålet med målingerne, typen af lyd der skal måles på og omstændighederne ved lydpåvirkning.

Helt overordnet kan lydmålinger opdeles i to hovedtyper ud fra deres formål. Den første type er de traditionelle støjbelastningsmålinger, der har til formål at vurdere, om lyden medfører øget risiko for, at den udsatte pådrager sig en støjbetinget høreskade (auditive effekter) eller om myndighedskrav er overholdt. I denne type af undersøgelser måles normalt lydniveauer på over 75-80 dB(A). Den anden type målinger skal indgå i vurderinger af, hvor generende og forstyrrende lyd er (non auditive effekter). Her fokuseres normalt på niveauer under 80 dB(A).

3.1 Måling af høreskadende lyd /Støjbelastning

Igennem mange år har høreskadende støj primært været forbundet med den traditionelle industriproduktion – fx. metalindustrien, fødevarer og byg/anlæg. Indenfor de sidste år er der imidlertid kommet focus på de ”bløde” branchers støjudsættelse. Det skyldes bl.a. mange klager, og at flere større undersøgelser har dokumenteret, at pædagoger udsættes for støjbelastninger som traditionelt anses for at være potentielt høreskadende. (Schönwälder et al. 2004).

Den traditionelle metode til måling af støjbelastning bygger på standarden ISO 1999:1990. Heri fastlægges sammenhængen mellem påvirkningen med kraftig lyd og risikoen for at få en varig støjbetinget nedsættelse af hørelsen. Standarden danner grundlag for de fleste nationale lovgivninger, og den er fundamentet for støjdirektivet, der er blevet implementeret i februar 2006 i EU (2003/10/EF).

I standarden tages en række forbehold for sammenhængen mellem lydniveau og høreskaderisiko. Megen nyere forskning har også beskæftiget sig med og rejst tvivl om den præcise sammenhæng. Alligevel er ISO 1999:1990 i dag den gængse metode til at vurdere konsekvenser af kraftig lydpåvirkning, den er operationel, og der findes standardiserede metoder, der detaljeret beskriver, hvordan målingerne skal udføres.

Hvordan måles støjbelastning

Støjbelastning kan måles på forskellige måder. 3 principielt forskellige metoder beskrives i ISO 1999:1990 og i ISO 9612 "Measurement and calculation of occupational noise exposure". Alle metoderne forudsætter en beskrivelse af det målte arbejde og overvågning af målingerne.

Jobmetoden (Task level)

Ved denne metode opdeles arbejdsdagen i perioder/jobs med samme støjudsættelse. For hver periode fastlægges den mest hensigtsmæssige instrumentering og mindste måletid.

Belastningsbidragene fra de enkelte perioder regnes derefter sammen til den samlede dagsbelastning. Ved denne metode sikres pålidelige resultater med den mindst mulige måleindsats. Metoden harmonerer med AT-vejledning D.7.4 –2003 "Måling af støj på arbejdspladsen". I forbindelse med støj fra menneskelig aktivitet er metoden velegnet, hvis der skal måles på mindre grupper af medarbejdere med specielt støjbelastende arbejde - eksempelvis sløjdlærere.

Gruppe-metoden (Sampling at job level)

Metoden er udviklet til anvendelse i større grupper med helt ensartede jobs. Den anvendes meget på store industrivirksomheder i Frankrig, og vil med fordel kunne anvendes ved større undersøgelser af f. eks. skolelæreres støjbelastning. Metoden baseres på traditionelle statistiske prøvetagningsmetoder med random sampling. Der foretages et stort antal målinger på tilfældigt udvalgte tidspunkter. Ud fra spredningen i måleresultaterne fastlægges måleusikkerheden. Metoden er tidligere anvendt ved målinger i Københavns Lufthavn. Det var her nødvendigt at gennemføre 44 målinger før resultatet var statistisk pålideligt.

Heldags målinger

Mange undersøgelser af dagsbelastningen er foretaget som målinger over hele arbejdsdage ved hjælp af personbårne lydmålere (dosimetre). I følge de standardiserede metoder, skal det sikres, at måledagen er repræsentativ, de målte personer skal observeres under målingerne, og der skal måles over mindst 3 dage pr. job.

Er det relevant at måle støjbelastningen - L_{eq}

Støjbelastningen måles som den gennemsnitlige lydenergi over en 8 timers arbejdsdag - L_{eq} 8t. Den betegnes også det ækvivalente lydniveau. Myndighedskrav og hovedparten af de videnskabelige undersøgelser vedrørende risiko for høreskade, baseres på denne størrelse. Omfattende studier danner baggrunden for at anvende L_{eq} som indikator for høreskaderisiko. De ældste er fra 1950-erne, men de fleste er fra 1960-erne og 70-erne. (bl.a. Passchier-Vermeer 1977). Nye undersøgelser har imidlertid sat spørgsmålstegn ved anvendelsen af L_{eq} .

Specielt er der mange undersøgelser, der har dokumenteret at impulsholdig lyd er mere høreskadende end man ville forvente ud fra energimidlede målinger. Der er eksempelvis i en stor hollandsk undersøgelse fundet langt flere tilfælde af støjbetinget hørenedsættelse i jern og metalindustrien end målinger af L_{eq} skulle indikere (Artikel af A. Kjellberg i Söderberg et al., 2001)

I ISO 1999 nævnes et tillæg på 5 dB, når der forekommer impulsholdig støj. Det er således meget velbegrundet, at man i Danmark skal lægge 5 dB til måleresultatet, hvis støjen er impulsholdig (AT-vejledning D.7.4 - 2003 "Måling af støj på arbejds-pladsen").

En større tysk undersøgelse (Fleischer et al. 2005) peger på at L_{eq} er en vigtig prediktor ved kraftige udsættelser, medens andre faktorer spiller en væsentligere rolle ved mindre kraftige, men stadig

høreskadende, niveauer. Det fremgår imidlertid ikke af undersøgelsen, hvad der menes med kraftige niveauer (excessive levels). Dette behandles iøvrigt mere detaljeret i afsnittet om auditive effekter af lyd.

Selv om der således er rejst tvivl om anvendelsen af L_{eq} som relevant prædikator for høreskader, anser vi i dag L_{eq} , som den mest generelt anvendelige, relevante og operationelle indikator til at vurdere risiko for støjbetinget høreskade fra menneskelig aktivitet.

Den normale frekvensvægtningskurve diskuteres

Det menneskelige øre opfatter styrken af toner meget forskelligt afhængig af tonernes frekvens. Derfor anvendes i lydmålere nogle standardiserede frekvens-vejefiltre, således at tonerne vægtes forskelligt. I dag anvendes den såkaldte A-vægtningskurve normalt ved måling af støjbelastning..

Blandt akustikere diskuteres metoden og denne kurve. Ved måling af støj fra menneskelig aktivitet vil andre forhold – primært måleomstændighederne – imidlertid normalt have større betydning for usikkerhed og validitet.

Måleomstændighederne betyder mest

Variationer i måleomstændighederne er langt den største usikkerhedsfaktor ved ekspositionsmålinger. Ved en Round Robin test af Nordtest metoden ”ACOU 115” gennemførte 6 måleinstitutioner målinger på nøjagtig samme arbejde i Danmark. Resultaterne viste, at selv om målingerne udføres efter standardiserede metoder af erfarne målefolk på nøjagtig samme arbejde er usikkerheden typisk +/- 2 dB. Variationerne skyldes variationer i arbejdet fra dag til dag. I de øvrige nordiske lande blev der gennemført tilsvarende undersøgelser med lignende resultater.

Praktisk erfaring viser, at der er væsentlig risiko for misvisende målinger, hvis det ikke sikres at måleomstændighederne er repræsentative og præcist beskrevet. Målinger bør derfor udføres i henhold til internationalt anerkendte standarder.

Mange større internationalt publicerede undersøgelser er gennemført med ”blind-målinger”, hvor den støjpåvirkede person ikke er blevet observeret, og hvor det arbejde, som blev udført på måledagen ikke er beskrevet. Det er en generel erfaring blandt akustikere, der arbejder med denne type af målinger, at ”blind-målinger” giver højere værdier end de resultater, der opnås, når målingerne udføres efter standardiserede metoder. Årsagen er formentlig, at der ved ”blind-målinger” ofte medtages uvedkommende støjbidrag. Dette forhold er blevet tydeligt illustreret i ikke publicerede undersøgelser indenfor den norske olie industri. Industrien tog derfor initiativ til etablering af den standardiserede Nordtest målemetoder, der er indarbejdet i den nye revision af ISO 9612.

Lokalets akustiske forhold, antallet af støjkloder (f.eks. børn), det specifikke job, der måles på samt individuelle forskelle, skal vurderes og inddrages i analyserne. Hvis denne analyse er mangelfuld kan resultaterne drages i tvivl.

Mikrofonplaceringen

Ved de standardiserede målinger placeres mikrofonen på skulderen (ISO 9612). Dette giver et andet resultat end fritfelt-målinger, dels pga. kroppens refleksion, dels pga. skærmning. Forskellen er meget frekvensafhængig, men kan være op til +/-2 dB (Jürgen Maue, 2005, og B&K manual til 4434).

Egen tale

Bidrag fra den målte persons egen tale kan være et problem ved dosimeter undersøgelser. Problemstillingen er ikke nærmere beskrevet i standarder eller målebeskrivelser fra myndighederne. Det fundamentale spørgsmål er, om egen tale kan bidrage til en belastende lydpåvirkning, og hvor stort dette bidrag eventuelt er. Bidragets størrelse kan undersøges ved hjælp af supplerende rummålinger eller ved ”skyggemålinger”: Ved skyggemålinger foretages målingerne på en anden person som udsættes for samme støj som den person, der skal vurderes, bortset fra egen tale.

Instrumentering

De normalt anvendte dosimetre er ikke præcisionsinstrumenter, men såkaldte Class 2 instrumenter. Dette kan medføre målefejl, når der er tale om meget kraftige impulser samt meget lav- og højfrekvent lyd. Dette er ikke tilfældet for støj fra menneskelig aktivitet og fejlene vil normalt være uvæsentlige sammenlignet med eventuelle fejl grundet måleomstændighederne.

3.2 Måling af forstyrrende og generende lyd

Ved målingerne, der blev beskrevet i foregående afsnit, fokuseres på lydens energiindhold L_{eq} , da dette regnes som bedste indikator for at estimere lydens høreskadende virkning, men lydens energiindhold er ikke et repræsentativt mål for, hvor generende en lyd er.

Generende / forstyrrende lyd er grundlæggende et subjektivt begreb, der kan identificeres uden lydmåleinstrumenter. I mange tilfælde er interviews, spørgeskemaer og lign. metoder mere hensigtsmæssige til at vurdere, hvor generende en lyd er.

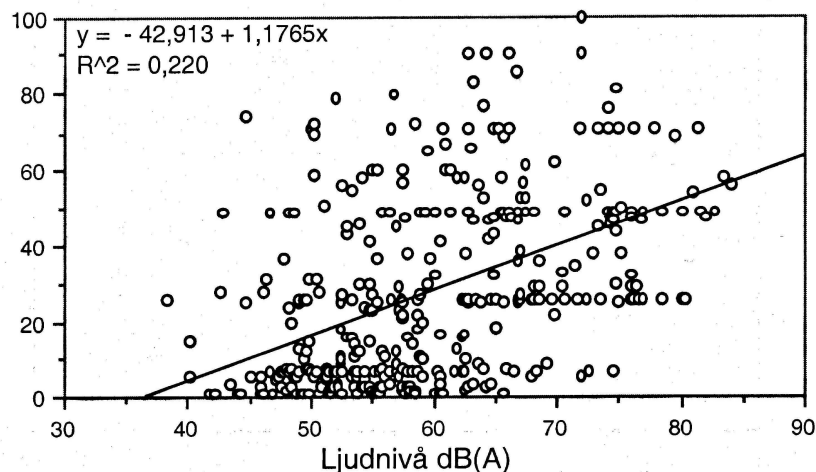
Der er igennem en årrække udført et omfattende forskningsarbejde - både i Danmark og i udlandet – med det mål at kvantificere, hvor generende en lyd er ud fra objektive fysiske målbare parametre. Der er en række problemer forbundet dette, bl.a. udføres lydmålinger som oftest i et punkt, medens vores opfattelse af lyd er igennem 2 ører.

Hvor generende en lyd er, bestemmes dels af en række fysiske akustiske forhold ved lyden, som lydstyrken, frekvensen, rene toner, impulser, dels af individuelle forhold som holdning til lyden og høretab dels af arbejdssituationen som koncentrationskrav, behov for samtale, præstationskrav og det øvrige arbejdsmiljø. De rum-akustiske forhold har væsentlig betydning for opfattelsen af lyd. Dette behandles i afsnittet om ”Akustiske omgivelser”.

Hvad siger lydniveauet om, hvor generende en lyd er?

Sammenhængen imellem lydniveau og genevirkning er studeret i en række feltstudier. Fig 1 viser sammenhængen imellem oplevet ”forstyrrelse” og tilhørende lydniveau. Resultaterne bygger på mere end 400 målinger. Figuren illustrerer, at der er lav korrelation imellem den oplevede forstyrrelse og lydniveauet, når disse to parametre studeres isoleret.

Störningsskattning



Figur1 (Landström m.fl. 1992).

fra Landström et al. (1999.) Störande buller: Arbejdslivsinstittutet 1999:27

Relateres den oplevede forstyrrelse og lydniveauet med aktiviteten tegner der sig en klarere sammenhæng. Det er baggrunden for, at der i de norske lovregler og den svenske anbefaling fra ”Arbetskyddstyrelsen (AFS 1992:10)” opereres med grænser for niveauet ved bestemte aktivitetstyper.

I Danmark er der gode erfaringer med en kategorisering bestemt af aktiviteterne, som er beskrevet i: ”Grundbog i Støjbekæmpelse” (Gybel Jensen & Møberg Nielsen, 1999) og i ”Støj i arbejdsmiljøet”, 1998. Heri opdeles den forstyrrende og generende lyd i flg. kategorier:

- industri uden støjende aktivitet f.eks. lager og laboratorier: anbefalet maksimalt niveau 60-70 dB(A)
- krav om opmærksomhed og ubesværet samtale f.eks. ekspeditionslokaler og storrumskontorer: anbefalet maksimalt niveau 45-55 dB(A)
- koncentrationskrævende arbejde uden forstyrrende støj f.eks. enkeltmandskontorer: anbefalet maksimalt niveau 35-45 dB(A)

Støj fra egen aktivitet og egen tale skal ikke medregnes. Baggrundsstøj fra f.eks. ventilationsanlæg skal ligge 10 dB under de anbefalede niveauer.

Lydens frekvensindhold har betydning for genevirkningen

A-vægtningskurven anvendes normalt ved lydmålinger. Den giver et relativt godt billede af, hvor generende en lyd er, når lyden er konstant og ikke er domineret af lave eller høje frekvenser. (Artikel af Ö. Johansson i Landström et al., 1999).

På samme måde som A-vægtningskurven diskuteres i forbindelse med høreskadende lyd, er der også diskussion af A-vægtningens anvendelse ved målinger af generende og forstyrrende lyd - specielt når lyden har et stort indhold af lavfrekvente toner eller rene toner. Der er udført og bliver udført udredninger og forskningsprojekter om dette, men mest i forhold til det eksterne miljø. Vi anser ikke denne problemstilling som central, i forhold til støj fra menneskelig aktivitet.

Konstant og varierende lyd

Kan man vænne sig til støj? Dette spørgsmål er undersøgt i mange laboratorie undersøgelser og i nogle feltmålinger (bl.a. Poulsen 1991). De fleste undersøgelser giver ikke belæg for at genen reduceres med tiden.

Varierende lyd er væsentlig mere generende end konstant – specielt bredbåndet – lyd. Et stort antal laboratorieforsøg har beskæftiget sig, med hvor generende lyd med forskellige tidsforløb er. Jo mere impulsagtig – korte stigetider – jo mere generende er lyden.

Hvis målinger af det energimidlede lydniveau anvendes til estimering af varierende lyds genevirkning bliver dette aspekt ikke inddraget, og lydens genevirkning kan derfor let blive underestimeret. Målinger af det maksimale lydniveau med tidskonstanten ”FAST” giver en bedre indikation af lydens genevirkning. (Björkman 1988, Widman 1998, Zwicker og Fastl 1999).

Målinger af lydniveauet i forbindelse med undersøgelser af genevirkningen bør i øvrigt udføres i overensstemmelse med anerkendte målestandarder og anvisninger. ISO 9612 kan anvendes som guideline.

Psykoakustiske størrelser

Ud over ovennævnte traditionelle målestørrelser findes der en række afledede målestørrelser som primært er udviklet og anvendes indenfor det eksterne miljø og ”Sound - quality” området. Disse størrelser er bl.a.

Loudness,
Sharpness,
Fluctuation Strength,
Roughness

Størrelserne anvendes til at karakterisere lyden. Bortset fra ’loudness’ er der endnu ikke fuldstændig enighed om, hvordan disse størrelser skal beregnes.

Der savnes velkontrollerede undersøgelser af om de psykoakustiske størrelser er velegnede til at karakterisere den gene som personer oplever ved støjsignaler i arbejdsmiljøet.

For nærmere beskrivelse henvises til Nordtest ACOU 111, ligesom projekt "Genlyd", Holm Pedersen, 2005, beskæftiger sig med denne problemstilling.

Referenceliste

- AFS 1992:10. Buller. Arbetarskyddsstyrelsen, 1992.
- At – Vejledning D.7.4. Måling af støj på arbejdspladsen. Arbejdstilsynet. 2003
- Björkmann M. Maximum noise levels in road traffic noise. J. Sound & Vibration 127, (583 – 587), 1988
- Brüel & Kjær. Influence of Body Shielding, Brüel & Kjær Manual til B&K Noise Dose Meter 4434
- DS/ISO TS 15666 Akustik - Vurdering af støjgener ved hjælp af sociologiske og socio-akustiske undersøgelser, DS, 2003
- EU direktiv 2003/10/EF om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstageres eksponering for risici på grund af fysiske agenser (støj)
- First ISO/CD 9612 "Acoustics – Measurement and calculation of occupational noise exposure – Engineering method" (Revision of ISO 9612:1997), ISO, 2005
- Fleischer G. & R. Müller. On the Relation between Exposure to Sound and Auditory Performance. SAE, Proceedings-ISBN 0-7680-1657-6, 2005
- Gybel Jensen J. & P. Møberg Nielsen. Grundbog i støjbekæmpelse. Arbejdsmiljørådets Service Center, 1999
- Holm Pedersen T. Genlyd – Concepts and Definitions. Technical Note, DELTA, Hørsholm, 2005
- ISO 1999 Acoustics – Determination of occupational noise exposure of noise-induced hearing impairment. ISO, Geneve, 1990
- Kock S., T. Andersen, H- A. Kolstad, B. Kofoed-Nielsen, F. Wiesler & J. P. Bonde. Surveillance of noise exposure in the Danish workplace: a baseline survey. Occup. Environ. Med., 2004
- Landström U, S. Arlinger, S. Hygge, Ö. Johansson, A. Kjellberg & K. P. Waye. Störande buller – Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation. Arbetslivsinstitutet. Arbetslivsrapport 1999:27, 1999
- Marklin G-M & K Holmberg. Icke hörselskadligt buller på arbetsplatser. Arbetslivsinstitutet. Arbetslivsrapport 1999:7, 1999
- Maue J. Report on the measurements of the BIA regarding the microphone position of personal sound exposure meters (noise dosimeters). ISO/TC 43/SC1/WG 53 N56, 2005.
- Miedema H. Noise and Health: How does noise affect us? Inter Noise 2001, Haag, 2001
- Nordtest ACOU 111 Acoustics – Human Sound Perception – Guidelines for listening Tests, Nordtest, 2002
- Nordtest ACOU 115 Measurement of occupational Noise Exposure of workers - Part II Engineering method, Nordtest, 2003
- Paschier-Vermeer W. Hearing Levels of Non-Noise exposed Subjects and of Subjects exposed to constant Noise during Working Hours. Report B367. Research Institute for Environmental Hygiene, The Netherlands, 1977
- Poulsen T. Influence of session length on noise annoyance. Journal of Sound and Vibration, 145, 1991
- Schönwälder H.-G., Berndt J., Ströver F. & Tiesler G. Noise in schools - Causes and reduction. Research Report Fb 1030. Publication series from the Federal Institute of Occupational Safety and Health. Dortmund, Berlin, Dresden 2004
- Söderberg L., U. Landström & A. Kjellberg. Ljudmiljön i förskolor och dess inverkan på upplevelse och hälsa bland personal. Arbetslivsinstitutet. Arbetslivsrapport 2001:11, 2001
- Støj i arbejdsmiljøet. Arbejdsmiljørådets Service Center, 1998
- Tesarz M. & A. Kjellberg. Upplevda bullerproblem för lärare och annan personal i förskola, grundskola och gymnasium. Arbetslivsinstitutet. Arbetslivsrapport 1998:28, 1998
- Widman U. Aurally adequate evaluation of sounds. Keynote speech, Proc. Euro Noise 98, 29 – 46. 1998
- Zwicker Z. & Fastl H. Psychoacoustics, facts and models, Second Edition, Springer Verlag, Berlin. 1999

4 De akustiske omgivelser

- betydning, kriterier og vurderingsmetoder

Knud Skovgård Nielsen og Per Møberg Nielsen

4.0. RESUME

De akustiske omgivelser har stor betydning for, hvordan den enkelte medarbejder oplever sin arbejdssituation; fx kan naboens telefon der ringer, men ikke bliver besvaret, være særdeles irriterende – både fordi støjniveauet er højt, fordi man ikke er forberedt på lyden, men måske også fordi man ikke selv kan gøre noget for at fjerne støjgenen.

De akustiske omgivelser dækker en række parametre, som hver for sig har betydning for oplevelsen af støjgener. For at opnå optimale forhold skal den enkelte parameter optimeres, men ofte skal der også tages hensyn til kombinationseffekter.

De akustiske omgivelser kan opdeles i 3 hovedgrupper:

1. Rumakustik
2. Støjniveau
3. Taleforståelighed og akustisk privathed

Ad 1) Rummets indretning og overfladernes beskaffenhed er afgørende for rummets akustik, om efterklangstiden er lang eller kort, og om lyden udbreder sig uhindret over lange afstande. Generelt bør efterklangstiden være så kort som praktisk muligt og afstandsdæmpningen så stor som muligt.

Ad 2) Generelt bør støjniveauet forårsaget af uvedkommende støj være så lavt som muligt for at begrænse støjgener. I visse tilfælde, fx i storrumskontorer, kan det være ønskeligt med et vist baggrundsstøjniveau, som kan maskere andre personers talekommunikation.

Ad 3) I undervisningslokaler og børneinstitutioner er det vigtigt, at eleverne/børnene kan forstå lærere og pædagoger. God taleforståelighed opnås med en kombination af passende rumdimensioner, tilpas kort efterklangstid og tilpas lavt baggrundsstøjniveau. I storrumskontorer ønskes kort efterklangstid og god taleforståelighed i nærområdet omkring personens egen arbejdsplads, men dårlig taleforståelighed (= god akustisk privathed) over større afstande.

4.1. RUMAKUSTIK

I rum med dårlig akustik runger det, støjniveauet er højt, og det er vanskeligt at forstå, hvad andre siger, og hvor lyden kommer fra - derudover er nytten af støjskærme begrænset. Det kan både være et stort problem i undervisningslokaler, børneinstitutioner, kontorer og ekspeditionslokaler.

Rum med gode akustiske forhold er karakteriseret ved, at rummet er behageligt at opholde sig i, støjniveauet er lavt, og det er let at følge med i samtaler eller undervisning (taleforståeligheden er god).

Efterklangstid, T

Et rums akustik måles og angives normalt ved efterklangstiden. Efterklangstiden er et udtryk for, hvor længe lyden "bliver hængende" i lokalet – hvor lang tid det vil tage for en lyd at "klinge ud". I et rum med mange hårde flader er efterklangstiden lang, idet lyden reflekteres fra gulv, vægge og loft, og det "runger" i lokalet.

Efterklangstiden er den tid det tager fra man slukker en lydkilde til lydniveauet i rummet er faldet med 60 dB. Efterklangstiden måles i sekunder.

Hvis efterklangstiden er lang i et rum dæmpes lyden kun lidt, når afstanden fra støjilden øges. Det betyder at mange personer kan blive udsat for støjen fra blot en enkelt støjkilde. Taleforståeligheden er også dårlig i et rum med lang efterklangstid.

Efterklangstiden måles i de forskellige frekvensbånd. Hvis efterklangstiden er meget forskellig i frekvensbåndene, opleves det som om akustikken er "skæv", og taleforståeligheden bliver nedsat.

Den optimale efterklangstid er meget bestemt af rummets anvendelse. I daginstitutioner og undervisningslokaler, som hovedsaglig anvendes til gruppearbejde, vil det sædvanligvis være en fordel, at efterklangstiden er så kort som muligt. Hvis rummet anvendes til "auditoriepræget" undervisning må efterklangstiden ikke være for kort, idet et rum med meget kort efterklangstid ikke giver et ensartet lydniveau ved alle tilhørerpladser, og det kan også være vanskeligt for underviseren at "tale rummet op". I praksis er det dog normalt ikke et problem i klasselokaler, at efterklangstiden er for kort.

Både At-anvisning 1.1.0.1 (1995), og Bygningsreglement (1995) stiller krav til efterklangstiden i skolelokaler og daginstitutioner, og Erhvervs- og Boligstyrelsen har desuden opstillet relevante anbefalinger, EBST (2004).

Absorption og ækvivalent absorptionsareal, A

Akustikken i et rum er bestemt af, hvor meget fladerne i rummet absorberer lyden. Den lyd, der ikke absorberes i fladerne reflekteres tilbage i rummet. Et rum med god akustik er forsynet med materialer/overflader, der ikke reflekterer lyden, men "opsuger" den – de såkaldte lydabsorbenter.

Den samlede absorption i rummet angives som det "ækvivalente absorptionsareal", A, i m². Et stort "ækvivalent absorptionsareal" giver en kort efterklangstid, T.

Evnen til at absorbere angives som absorptionskoefficienten, α (alpha). Fladernes absorptionsværdier afhænger både af materialet og af monteringen – specielt for de lave frekvenser.

Man vil normalt bestræbe sig på, at der skal være lige meget absorption for alle frekvenser.

Den bedste virkning af lydabsorbenter opnås, hvis absorbenten placeres nær støjkilden eller modtageren. Desuden er det væsentligt, at absorbenterne fordeles over hele lokalet. Dog gælder der særlige forhold for undervisningslokaler, idet der ved placering af absorbenter skal tages hensyn til, at der kan være behov for reflekterende flader i nærheden af underviseren for at sikre en jævn lydfordeling i lokalet.

Især for større arbejdslokaler er det vigtigt, at lydudbredelsen begrænses – at støjen aftager, jo længere man fjerner sig bort fra støjkilden. Ved at opsætte absorbenter dæmpes lydens udbredelse i rummet. Lige i nærheden af støjklenderne har det ikke megen effekt, men i nogen afstand kan lydtrykket reduceres med mere end 6 dB. Forbedringen vil normalt opleves som meget mærkbar.

At-anvisning 1.1.0.1 (1995), og Bygningsreglement (1995) stiller krav til absorptionsarealet for kontorer og undervisningsrum, hvor flere klasser undervises samtidigt, og Erhvervs- og Boligstyrelsen har opstillet relevante anbefalinger, EBST (2004).

Akustikkens indflydelse på lydniveauet

Kort efterklangstid betyder, at støjniveauet vil være lavt. Erfaringer fra praktiske undersøgelser viser, at regulering af efterklangstiden i lokaler, hvor der er tale om støj fra menneskelig aktivitet, kan give væsentlig større støjdæmpning end hvad der direkte kan tilskrives ændringen af de fysiske forhold, Krakcarz (1999) og Schönfelder et al. (2004). Ud over den fysiske dæmpning af støjen i lokalet bevirker den kortere efterklangstid nemlig, at behovet for/lysten til at tale højt begrænses: det er ikke nødvendigt at tale så højt for at blive hørt eller for at overdøve andre. Der bliver således tale om en dobbeltvirkende effekt.

Rent fysisk medfører forbedring af de akustiske forhold ved reduktion af efterklangstiden typisk en dæmpning på 2-4 dB for støjklender med samme styrke, fx. maskiner, men hvis ”støjklenderne” er menneskestemmer, betyder bedre akustik som nævnt, at også støjklenderne styrke reduceres pga. bedre taleforståelighed og øget afstands dæmpning. Effekten bliver derfor væsentlig større end den rent fysiske dæmpning af lokalet medfører - ofte opnås en dæmpning af det samlede niveau på 4-8 dB.

Omvendt sker der i akustisk hårde lokaler det, at når mange mennesker taler samtidigt, vil den enkelte automatisk hæve stemmen for at ”trænge igennem” – så taler de andre kraftigere og på den måde ”tales niveauet op” i lokalet.

Afstands dæmpning, DL_2

Til at beskrive lydudbredelsesforholdene i et lokale anvendes måleenheden DL_2 , der er et udtryk for, hvor meget lyden dæmpes pr. afstandsfordobling. Måling af DL_2 er primært relevant for større lokaler, fx. storkontorer og ekspeditionslokaler samt eventuelt for store opholdsrum i fritidsinstitutioner.

For lokaler over 1000 m³ anbefales det, at lyddæmpningen pr. afstandsfordobling (DL_2) er større end 3 – 4 dB. Til sammenligning kan det anføres, at lyddæmpningen er 6 dB pr. afstandsfordobling, hvis lydudbredelsen sker udendørs - i frit felt uden refleksioner.

DL_2 kan bestemmes ved anvendelse af DS/EN ISO 14257 (2002).

For undervisningslokaler tilstræbes det, at lydudbredelsen sker så uhindret som muligt fra underviseren til hver enkelt elev. For kontorlokaler og daginstitutioner gælder det modsat om at begrænse lydudbredelsen mest muligt.

4.2. BAGGRUNDSSTØJNIVEAU

Generelt vil et lavt baggrundsstøjniveau være at foretrække, idet kraftig uvedkommende støj i sig selv kan virke generende, samtidig med at baggrundsstøjen kan besværliggøre verbal kommunikation (undervisning, samtaler mv.). Et højt baggrundsstøjniveau vil automatisk bevirke, at den enkelte person vil tale højt for at trænge igennem – men det bliver en selvforstærkende effekt, hvor alle taler endnu højere.

Baggrundsstøjens karakter har stor betydning for om støjen virker generende eller forstyrrende. Saher, Rindel et al. (2005) har undersøgt 12 personers præferencer mht. baggrundsstøj i forbindelse med almindelig samtale: de fleste foretrækker instrumental musik, medens ”party-støj” (tale, snak) vurderes som generende. Andre undersøgelser indikerer, at talestøj er meget mere generende end konstant støj.

Omvendt kan en passende baggrundsstøj virke maskerende på informationsbærende støj og dermed medvirke til at opnå akustisk privathed.

4.3.1. TALEFORSTÅELIGHED

God taleforståelighed i lokalet er en vigtig forudsætning for verbal kommunikation mellem mennesker. Dvs. taleforståeligheden skal være god i undervisningslokaler og i nærområdet omkring kontormedarbejdere (så den interne kommunikation inden for gruppen kan ske uhindret). God taleforståelighed gør det nemmere at kommunikere, og dette betyder igen, at man automatisk taler med lavere stemmeføring. Krakcarz (1999) anfører, at variationen i taleniveauet kan være op til 5 dB, afhængigt af de akustiske omgivelser.

Taleforståeligheden i et lokale kan estimeres ved hjælp af STI- (Speech Transmission Index) / RASTI-metoden eller ved hjælp af SII (Speech Intelligibility Index) metoden.. Begge metoder resulterer i et indeks mellem 0 og 1; værdien 0 angiver dårlig taleforståelighed, medens værdien 1 angiver perfekt taleforståelighed.

For undervisningslokaler anses STI- og SII-værdier over 0,8 eller 0,9 for optimale.

4.3.2. SPEECH PRIVACY (Akustisk privathed)

Begrebet "speech privacy", som vanskeligt kan oversættes til dansk, er dobbelttrettet og er udtryk for, om den enkelte medarbejder:

- kan tale frit uden specielle hensyn til andre
- kan "undgå at forstå" andres samtaler.

Ofte anvendes dårlig taleforståelighed som descriptor af god "speech privacy". Bradley (2003), anbefaler således, at der anvendes to "speech privacy" klasser: $SII < 0,1$ ($AI < 0,05$): "Fortrolig" og $SII < 0,2$ ($AI < 0,15$): "God privathed".

Tilsvarende for STI har Pop & Rindel (2005), fundet, $STI < 0,45$: Akceptabel, $STI < 0,3$: Moderat god privathed, $STI < 0,15$: Fortrolig. Rummet afstands-dæmpning bør være $DL_2 > 4$ dB for at kunne opnå god privathed.

For kontorlokaler ønskes der altså dårlig taleforståelighed i større afstand, men ideelt set bør der være god taleforståelighed i nærfeltet omkring den enkelte medarbejder eller gruppe af medarbejdere, som arbejder i samme team. Dette forhold er specielt vigtigt for hørehæmmede medarbejdere, som generelt har brug for akustiske omgivelser med god taleforståelighed og lavt baggrundsstøjniveau.

God "privacy" kan opnås ved begrænsning af lydudbredelsen i lokalet, stor afstand mellem arbejdspladser eller maskering med støj, så taleforståeligheden bliver dårlig. Informationsindholdet i den forstyrrende støj maskeres, hvis den forstyrrende støj ikke skiller sig ud fra den generelle støj i lokalet.

I USA og Canada anvendes ofte kunstig baggrundsstøj som maskering. Maskeringen opleves som mest naturlig, hvis maskeringseffekten skyldes naturlig støj fra aktiviteter i lokalet. Kravene til "privacy" vil afhænge af, hvilke arbejdsfunktioner, der skal foregå i lokalet.

I Europa er anvendelse af kunstig maskering ikke særlig udbredt, fordi kraftig baggrundsstøj har negative langtidsvirkninger i form af bl.a. træthed, sygdom og reduceret produktivitet.

Det såkaldte Privacy Index, "PI", der kan måles i henhold til amerikanske standarder, kan anvendes som kriterieværdi.

Taleforståelighedsindex'et SII eller STI kan også anvendes som vurderingskriterium, idet god "speech privacy" opnås, når der er dårlig taleforståelighed SII/STI-værdi).

Canadiske erfaringer viser, at optimering af "speech privacy" i kontorer primært omfatter optimering af 3 forhold: loftets lydabsorption, afskærmning mellem arbejdssteder samt maskerende støj. Bradley (2004) anbefaler således, at lydabsorptionskoefficienten for loftet skal være mellem 0,9 og 1, at der bør være 1,5 – 1,7 m høje skærme mellem arbejdsstederne, og at der bør være maskerende støj med et niveau på 44 - 45 dB(A). Bradley anfører, at optimale forhold forudsætter, at alle 3 parametre er optimeret. Især niveauet for maskerende støj er "kritisk", idet et for højt niveau - over 48 dB(A) - vil medføre deciderede støjgener. For europæiske forhold vil et maskeringsniveau på 45 dB(A) blive anset for at være for højt.

Referencer

- At-anvisning Nr. 1.1.0.1, (1995), Akustik i arbejdsrum. Arbejdstilsynet 1995.
- Bradley J.S. (2003) The Acoustical design of conventional open plan offices. Canadian Acoustics, v. 31, no. 2, June 2003
- Bradley J. S. & B. N. Gover (2004). Criteria for Acoustic comfort in Open-plan Offices. Inter-Noise 2004. Prag
- Bygningsreglement, (1995), Kapitel 9; Lydforhold. Byggestyrelsen, 1995.
- DS EN/ISO 14527 (2002) Akustik – Bestemmelse af lydudbredelseskurver til vurdering af lydforhold i arbejdslokaler, Dansk Standard 2002
- Erhvervs- og Boligstyrelsen (2004). Vejledning om lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri. EBST, 2004.
- Krakcarz F. (1999), Acoustical treatment of open plan Office at Air Liquide. Acoustique & Technique, no. 12, 1999
- Pop C.B. og Rindel J.H. (2005), Perceived Speech Privacy in Computer Simulated Open-plan Offices. Inter-Noise 2005, Rio de Janeiro
- Saher K., Rindel J.H., Nijs L & van der Voorden M.(2005) Impacts of Reverberation Time, Absorption Location and Background Noise on Listening Conditions in Multi Source Environment. Forum Acusticum, Budapest 2005
- Schönwalder H.-G., Berndt J., Ströver F. & Tiesler G. (2004) Noise in schools - Causes and reduction Research Report Fb 1030 Publication series from the Federal Institute of Occupational Safety and Health. Dortmund, Berlin, Dresden 2004

5. Auditive effekter

Henrik Kolstad og Søren Peter Lund

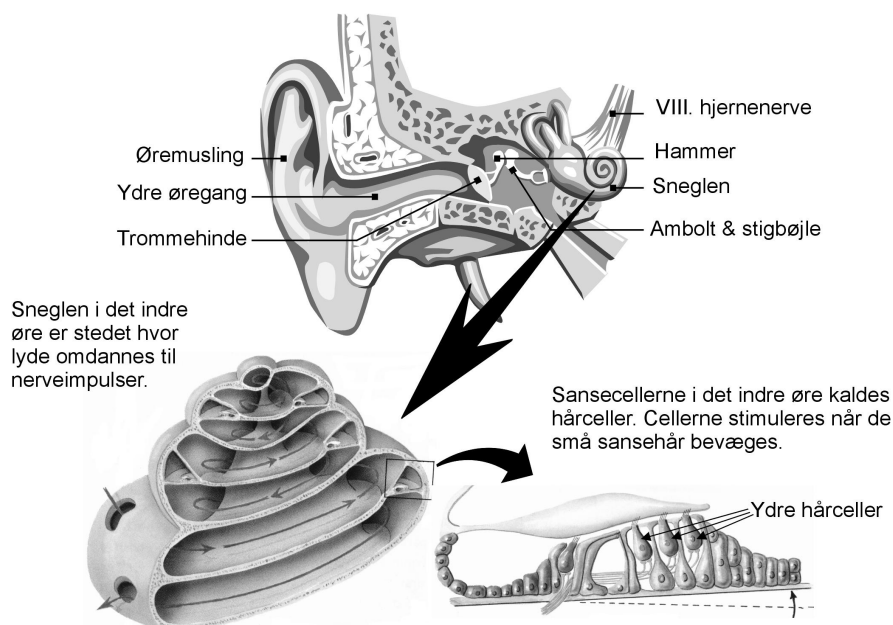
Kort introduktion til den perifere hørelse

Den ydre øregang

Lyd er fortætninger og fortyndinger i et medium, som oftest luft, idet lyden bevæger sig som bølger af trykforskelle omkring det gældende atmosfæriske tryk. Lydopfattelsen er således baseret på detektion af trykvariationer, og hertil bidrager hver af ørets tre dele: 1. Det ydre øre, bestående af øreflippen (pinna), den ydre øregang og trommehinden. 2. Mellemøret, med de tre øreknogler (malleus, incus, stapes), de to muskler (m. stapedius og m. tensor tympani) og det eustatiske rør; 3. Det indre øre, med sneglen (cochlea), der er helt indlejret i knoglevæv. Hver del spiller en rolle ved den overbelastning af hørelsen, der finder sted ved støjbetingede høreskader, og vil derfor blive gennemgået kort i det følgende.

Den ydre øregang kan opfattes som et rør, der er lukket af trommehinden i den ene ende. Et sådant rør har en akustisk resonans, der kan beskrives med følgende formel: Resonans frekvensen = $\frac{\text{øregangens længde} \times \text{lydens hastighed}}{4}$. Sættes den gennemsnitlige længde af øregangen til 25 mm, vil øregangen have en resonansforstærkning af lyde med en frekvens på omkring 3200 Hz, og afhængig af lydkildens retning og frekvens kan denne forstærkning af lydtrykket være så høj som 20 dB (Henderson & Hamernik, 1995).

Figur 1.



Mellemøret

Trommehindens vibrationer sætter mellemørets knogler i bevægelse. Ved hjælp af hammeren (malleus) og ambolten (incus) overføres vibrationer til stigbolten (stapes). Stigboltens fodplade

sidder indskudt på det ovale vindue, der er det ene af de steder det luftfyldte mellemøre kommunikerer med de vædskefyldte kanaler i sneglen. Mellemørets vigtigste funktion er at sørge for impedanstilpasning og modvirke det tab på op mod 40 dB, der finder sted når luftbåret lyd overføres til væsken i det indre øre. Systemet virker som et lavpasfilter med en afskæringsfrekvens på ca. 1200 Hz (Henderson & Hamernik, 1995).

Stapediusrefleksen er til knyttet kontraktion af øremusklerne, m. stapedius og m. tensor tympani. Med tilhæftning af m. stapedis til stigmabøjls hoved og m. tensor tympani til hammeren, bevirker kontraktion af disse muskler et træk i trommehinde hen mod mellemøret, hvorved systemets stivhed øges. Stapedius refleksen kan således forøge impedansen ved høje lydtryk, men reduktionen har kun betydning for frekvenser under 2000 Hz, hvor den til gengæld kan andrage 20-40 dB (Henderson & Hamernik, 1995).

Cochlea

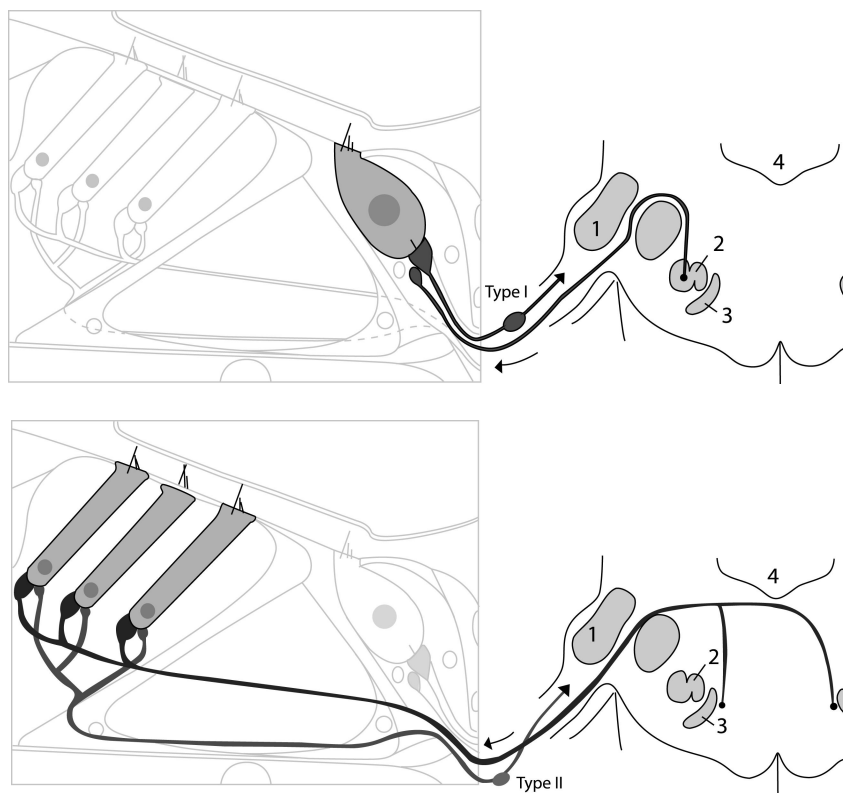
Den egentlige lydopfattelse er baseret på detektion af trykvariationer i det Cortiske organ i sneglen (cochlea). Hos pattedyr er cochlea opbygget af tre kanaler, scalae, som tilsammen strækker sig fra bund (basis) til top (apex) af sneglen. Den midterste kanal, scala media, er adskilt fra scala vestibuli af Reissners membran, der fungerer som en ion-barriere mellem endolymfen i scala media og perilymfen i scala vestibuli. Basilar membranen (membrana basilaris) adskiller anatomisk scala media fra scala tympani, men begge scalae kommunikerer i toppen af cochlea og begge indeholder perilymfe. Basilar membranen er af afgørende betydning for lydopfattelsen, idet det Cortiske organ hviler på dens indre centrale del og følger dens bevægelser. Cochlea er opbygget til at omdanne trykforskelle mellem scala vestibuli og scala media til vibrationer i basilar membranen (Kandel et al., 2000).

Basilar membranen har form som en vimpel med spidsen lokaliseret ved sneglens basis, og som gradvist bliver bredere op mod sneglens top (apex). Endvidere er basilar membranen meget stiv ved basis og bliver gradvis blødere og tungere mod apex. Vibrationerne fra stigmabøjlen passerer som bølgebevægelser henover basilar membranen som stående bølger i en fastbundet snor, der sættes i bevægelse i den frie ende. Afhængig af lydets frekvens har bølgebevægelsen maximal amplitude på basilar membranen i kortere eller længere afstand fra sneglens basis, helt afhængig af dens mekaniske stivhed. De lave frekvenser giver maksimal amplitude ved sneglens top, mens højere frekvenser har maksimal amplitude tættere på sneglens basis. Basilar membranens passive bevægelsesmønster kan ikke forklare den meget skarpe adskillelse af toner, som kan måles på nervefibrene i hørenerven.

Det cortiske organ

De egentlige sanseceller i det Cortiske organ er hårcellerne, der har deres navn efter sansehårene (stereocilier) på deres overflade. Der findes to typer sanseceller, henholdsvis de indre og de ydre hårceller. Noget forenklet så fungerer de indre hårceller som mikrofon og omsætter lydets vibrationer til nerveimpulser, mens de ydre hårceller spiller en afgørende rolle for vibrationernes styrkemæssige tilpasning. De indre hårceller sidder på én række og fra dem udspringer hovedparten (90-95%) af de (afferente) nervefibre, der som en del af den 8. hjernenerve (N. Vestibulo-cochlearis) løber frem til hjernestammen. De ydre hårceller er motile og kan ved stimulering bringes til at vibrere ved sammentrækning og forlængelse i længderetningen. Herved kan de svage vibrationer forstærkes, og samtidig kan de kraftige vibrationer dæmpes (Ulfendahl, 1998). De ydre hårceller er således årsag til hørelsens dynamiske spændvidde, og evnen til at skelne nærtliggende

toner. Beskadigelse kan føre til at begge typer hårceller henfalder og dør, og hos pattedyr kan de ikke erstattes.



Figur 2. Det efferente system: Hårcellerne i det indre øre er undernervesystemets konstante regulering. **Øvre figurfelt:** De indre hårceller modtager efferente nervebaner fra den mediale del af den olivocochleære system (2), der gennem presynaptisk inhibition dæmper de primære nerveimpulser gennem nervebanerne til hjernen (type I). **Nedre figurfelt:** De ydre hårceller er under regulering via de efferente nervebaner fra de mediale olivocochleære system (3). Desuden afgår der afferente nervebaner med input til nervesystemet (type II), men man ved ikke hvor de ender og kender ikke deres funktion er kendt.

Det efferente system

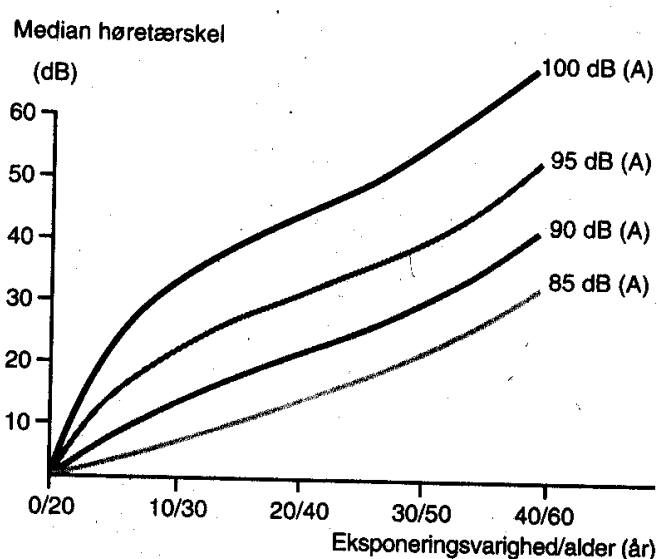
Lydopfattelsen er i høj grad en proces med en aktiv tilpasning, der er under nervesystemets regulering (se Ulfendahl, 1998; LePage, 1995). De tre rækker ydre hårceller (OHC) har til opgave at tilpasse vibrationsintensiteten til et passende niveau til IHC, hvilket de kan gøre ved ændre længde og spænding af fimrehårene op mod tectorialmembranen. OHC er under konstant efferent regulering, hvilket sker gennem de efferente nervebaner, mens betydningen af de tilknyttede afferente nervebaner er ukendt. Styringen sker hovedsageligt ved den mediale olivocochleære reflex fra de afferente baner i modsat side, altså modsatte øre.

Robert Frisina hævder, at der ved aldersbetinget høretab først kunne iagttages tab af de efferente system inden man kan iagttage ændringer i høretærskler (Jacobson et al. 2003; Tadros et al., 2005). Det efferente input til cochlea modulerer aktiviteten af de ydre hårceller, og fremmer den neurale kodning af de auditive signaler under baggrundsstøj. Tab af det efferente feedback medfører begrænsninger i perceptionen under støjfyldte forhold i dyreforsøg (May et al., 2004).

Hørenedsættelse

Det Cortiske organ i det indre øre transformerer svingninger i det atmosfæriske lydtryk til nerveimpulser, som registreres i den cerebrale audiologiske cortex som et høreindtryk, hvis svingningerne ligger mellem 20 og 20.000 Hz og hvis variationerne i lufttrykket er større end 20 μPa (høretærskelen) (Luxon, 2003). Med rentone audiometri måler man høretærskelen for en række frekvenser relativt til den forventede høretærskel hos unge mennesker. Høretærskelen angives i decibel (dB). Ved taleaudiometri kvantificerer man andelen af en række ord der misforstås (skelnetab). Når middelværdien af høretærsklerne ved 0, 0,25, 1, 2, 3 og 4 kHz er større end 20 dB er taleforståelsen som regel nedsat (Kolstad, 2003).

Figur 3.



Figur 25.4 Effekten på den mediane høretærskel ved 4000 Hz af vedvarende eksponering for kontinuerlig støj ved 85, 90, 95 og 100 dB og aldring fra 20 til 60 år.

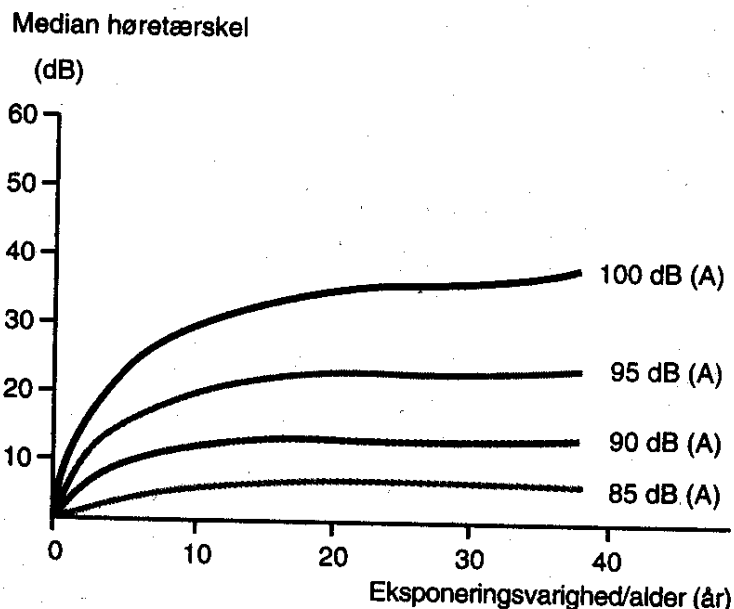
Høreevnen kan være nedsat som følge af sygdomme i mellemøret, det indre øre eller centralnervesystemet, bl.a. medfødte sygdomme, meningitis, mellemørebetændelse, Meniers sygdom, aldersbetingede forandringer, samt pga. toksisk påvirkning (Luxon, 2003).

Omkring 2% af personer mellem 16 og 64 år har så betydelig hørenedsættelse, at de har svært med at følge med i en samtale i et stille rum og er afhængige af høreapparat (Palmer et al., 2002). Hyppigheden af hørenedsættelse stiger med stigende alder, og blandt de 55-64-årige har 8% betydelig hørenedsættelse.

Støjbetinget døvhed eller hørenedsættelse som følge af støjpåvirkning, beskrives allerede på 1700 tallet af Bernardino Ramazzini i hans banebrydende værk om arbejdets sygdomme. Fra omkring 1960 udførte man en række systematiske epidemiologiske undersøgelser af hørenedsættelse hos industribejdere, bl.a. væveriarbejdere, spinderiarbejdere, smede og flymekanikere og anlægsarbejdere udsat for gennemsnitlige støjniveauer op til over 100 dB(A). Man registrerede

antal år undersøgelsespersonerne havde været udsat for støj og målte støjintensiteten og estimerede den gennemsnitlige støjeksponering (L_{Aeq}, 8h). Disse mål relaterede man til høretærskel som man bestemte vha. rentone-audiometri (Gallo et al., 1964; Evans & Ming, 1982; Burns & Robinson 1970; Bonde & Kolstad, 2003; Tayler et al., 1965; Kamal et al, 1989).

Figur 4.



Figur 25.5 Den isolerede effekt på den mediane høretærskel ved 4000 Hz af vedvarende eksponering for kontinuerlig støj ved 85, 90, 95 og 100 dB og alders fra 20 til 60 år. Det er forudsat, at der ikke sker ændring i den aldersbetingede høretærskel.

Undersøgelsespersonerne anvendte ikke høreværn, og man havde derfor et umiddelbart mål for den individuelle støjeksponering. Man har senere reanalyseret de oprindelige dataset med multivariate statistiske metoder, som endnu ikke var tilgængelige da data oprindeligt blev præsenteret (Prince et al., 1997). Undersøgelserne viser en markant sammenhæng mellem stigende støjintensitet og støjeksponeringsvarigheden på den ene side og stigende høretærskelen (faldende hørelse) på den anden side. Effekten er særlig udtalt ved en hørefrekvens på 4000 Hz. Stigningen i høretærskel er mest markant i løbet af de første 10-15 års eksponering og aftager i de efterfølgende år (Jonhso, 1991).

I 1971 publicerede Den Internationale Standardiserings Organisation ISO 1999 standarden, som blev revideret i 1990 (ISO 1999:1990). Standarden er baseret på de centrale epidemiologiske undersøgelser og angiver høretærskelen ved udvalgte hørefrekvenser (beskrevet ved en række percentiler), som funktion af den gennemsnitlige støjintensitet for en fuld arbejdsdag (L_{Aeq},8h), støjeksponerings-varighed, alder og køn. Ifølge ISO 1999 standarden medfører støj under 75 dB(A) ingen forøget risiko for nedsat hørelse (Passchier-Vermeer & Passchier, 2000). Figur 3 viser den mediane høretærskel ved 4000 Hz, som funktion af støjintensitet og støjeksponeringsvarighed ifølge ISO 1999. Figur 4 viser den samme sammenhæng, hvor man har set bort fra alderseffekten.

En række dyreeksperimentelle undersøgelser har bekræftet støjs effekt på den indre øre, hvor effekten overvejende påvirker de ydre hårceller i det Cortiske organ. I dyreeksperimentelle undersøgelser har man afprøvet effekten af støj peaks og støjens frekvens sammensætning, hvilket sjældent er muligt i epidemiologiske undersøgelser, da mennesker primært er udsat for bredbåndsstøj. Disse undersøgelser har vist at peak støj medfører et mere udtalt høretab end kontinuerlig støjeksponering, og at hørenedsættelsen karakteristisk opstår en oktav over støjfrekvensen (?).

Udenfor det industrielle arbejdsmiljø er militært personale i særlig risiko for både temporært og permanent nedsat hørelse pga. udsættelse for høje shock bølger af støj fra skydevåben, som kan medføre varig nedsat hørelse selv efter ultrakort eksponeringstid. Herudover anvendes støjende transportmateriel, fx helikoptere eller fly i stort omfang i militæret (Dancer et al. 1998; Dancer & Buck, 1991).

I det civile ikke-industrielle arbejdsmiljø har man diskuteret om musikere har forøget risiko for hørenedsættelse, som følge af udsættelse for høje lydniveauer. Flere undersøgelser har vist forøget forekomst af hørenedsættelse blandt klassiske musikere (Royster, 1991), men andre har været negative (Karlsson, 1983; Kahari et al, 2001), og overordnet er det uklart om klassiske musikere får hørenedsættelse pga. deres arbejde (Palin, 1994). Det skal bemærkes at operasangere kan være udsat for gennemsnitlige lydniveauer over 90 dB(A) (Laitinin et al., 2003). Blandt rock og jazz musikere har man i en tværsnitsundersøgelse påvist hyppig forekomst af hørenedsættelse, tinnitus og hyperacusis (Kahari et al., 2003). På den anden side har man i en follow-up undersøgelse af rock musikere påvist forbavsende lav forekomst af hørenedsættelse (Axelsson et al., 1995). Blandt ansatte på spillesteder, hvor lydniveauerne kan være på højde med industrielle niveauer, har man målt udtalte temporære tærskelskift, og der er holdepunkter for forøget forekomst af persisterende hørenedsættelse (Gunderson et al., 1997; Sadhra et al., 2002; Bray et al., 2004).

I enkelte surveys har man tabuleret hørenedsættelse for en række erhverv og fundet forøget forekomst af høretab i manuelle erhverv og industrierhverv, som forventet, men begrænset forekomst indenfor fx administration, undervisning og detaljehandel (Quaranta et al., 1996, Daniell et al, 1998).

Erhvervsmæssig udsættelse for trafikstøj har været relateret til forøget forekomst af høretab i Brasilien (Barbosa & Cardoso, 2005), men for de langt fleste er trafikstøj primært generende (Issing & Kruppa, 2004). Der er udført undersøgelser som viser støjniveauer over tærskelværdien bl.a. blandt pædagoger (Bonde & Kolstad, 2003; Siebert, 1989), hundepassere (Reid et al., 2004), musiklærere (Behar et al, 2004) og gymnastiklærere (Jiang, 1997), men vi har ikke været i stand til at identificere epidemiologiske undersøgelser, som har vist forøget forekomst af nedsat hørelse i disse fag, selv om der er publiceret kasuistikker, som kunne tyde på at dette forekommer ((Jiang, 1997). Støjpåvirkning ved fritidsaktiviteter kan også medføre hørenedsættelse (Smootenburg, 1993; Dalton et al., 2001).

Tinnitus

Tinnitus , dvs. ringen for ørene eller øresusen, er en fejlfunktion i høresansen, der giver anledning til opfattelsen af lyd uden stimulation fra en ydre lydkilde. Tinnitus er et symptom og ikke en

lidelse, hvilket forekomme en anelse forvirrende, især hvor tinnitus er det eneste eller blot det helt dominerende symptom. De fleste mennesker har prøvet at have forbigående tinnitus, f.eks. efter koncerter med høj lydstyrke. Næsten alle vil opleve tinnitus i et lyddødt rum (Heller og Bergman, 1953). Forbigående tinnitus forekommer efter indtagelse af forskellige medikamenter som acetylsalicylsyre og kinin, i forbindelse med forgiftning, ved betændelse i mellemøret, og helt banalt ved en tilstopning af den ydre øregang med ørevoks.

Tinnitus kan være et symptom på øresygdom, fx Meniers sygdom, men hos de fleste kan der ikke påvises underliggende sygdom (Baguley, 2002). Tinnitus er hyppigere hos personer med aldersbetinget høretab (Rosenhall & Karlsson, 1991; Sindhusake et al., 2003). Risikoen for tinnitus forøges formodentlig, hvis man har haft mellemørebetændelse, bihulebetændelse eller hovedtraume (Sindhusake et al., 2004). Ototoksiske medikamenter, højt alkoholindtag, forhøjet blodtryk, forhøjet kolesterol, hjertekarsygdom, lidelser i halsryggen og migraine menes også at være årsagsforbundet med tinnitus (Quranta et al., 1996; Sindhusake et al., 2003; Sindhusake et al., 2004; Nondahl et al., 2002). I sjældne tilfælde forekommer tinnitus som tidligt symptom ved en kræftknode på hørenerven, et akustisk neurom (se Coles, 1995). Tinnitus er endvidere sat i forbindelse med forandringer i kæbeled og tyggemusklér, men betydningen af disse forandringer for forekomsten af tinnitus er forholdsvis usikker (Rubinstein, 1993; Morgan, 1998).

Forekomst

I langt de fleste tilfælde er tinnitus dog relateret til degeneration eller beskadigelse af det indre øres lydopfattende del, sneglen (cochlea). Ofte er tinnitus betinget ændringer i sneglen, der følger med alderen eller skyldes udsættelse for støj, men uanset årsagen forekommer tinnitus med stort set samme hyppighed, dog synes tinnitus at forekomme lidt hyppigere ved akut opstået høreskade i forbindelse akustisk eller mekanisk trauma. (Coles, 1995). I en statistisk analyse af forskellige faktorerers betydning for udvikling af tinnitus i UK (Coles, Davis & Smith, 1990; Coles, 1995) var den vigtigste faktor en angivelse af at "have problemer med at høre". Andre klart påviselige faktorer var alder og udsættelse for støj, mens køn og social gruppe var mindre sikre faktorer. Ved i analysen at erstatte besvarelsen af "problemer med hørelsen" med direkte målinger af høreevnen, blev den målte høreevne den eneste helt sikre faktor til at beskrive forekomsten af tinnitus.

I den samme undersøgelse blev tinnitus ("spontan tinnitus med varighed på mere end 5 min.") fundet hos 10 %. "Stærkt generende tinnitus" blev fundet hos 1%, og for 0,5% var tinnitus forbundet med et "alvorligt tab af evne til at føre et normal liv". Lidt højere tal for forekomst af tinnitus er fundet i en svensk undersøgelse (Axelsson & Ringdahl, 1988), hvor 14,2 % angav at have tinnitus "ofte eller altid". Forekomsten er klart stigende med alderen, og fordeler sig på 5,8 % hos de 30-39 årige mod 21,3 % hos de 70-79 årige I gruppen med tinnitus "ofte eller altid" havde 24,3% ikke særlig mange gener, mens 17,2 % - svarende til 2,4 % af samtlige deltagere i undersøgelsen - angav, at tinnitus "plagede dem hele dagen".

Af dem, der angav at have tinnitus "altid", anså 19 % deres hørelse for at være normal, 55 % angav at have noget hørenedsættelse, 19 % angav udtalt hørenedsættelse og 3% angav at være døde. Tilsvarende angav 28 % de, der angav at have tinnitus "ofte", at deres hørelse var normal, 58 % angav at have noget hørenedsættelse, 12 % angav udtalt hørenedsættelse og 1 % angav at være døde (Axelsson & Ringdahl, 1989). Det synes således at være en klar sammenhæng mellem tinnitus og hørenedsættelse, men det er samtidig bemærkelsesværdigt, at så mange med hyppigt forekommende tinnitus angiver at have normal hørelse.

Akutte akustiske traumer, fx skud, efterfølges ofte af tinnitus (Mrena et al., 2004; Temmel et al., 1999), men medfører sjældent varige gener (Mrena et al. 2002). Støjbetinget hørenedsættelse forekommer ofte sammen med tinnitus (Chung et al., 1984, Axelsson & Sandh, 1985; Mcshane et al., 1988; Phoon et al. 1933) og personer, som har været udsat for høje støjniveauer på arbejdet, er oftere plaget af tinnitus (Palmer et al., 2002; Rosenhall & Karlsson, 1991; Sindhusake et al., 2003). I en nylig dansk tværsnitsundersøgelse baseret på måling af kumuleret lydtrykniveau fandt man stigende risiko for tinnitus med stigende kumuleret støjeksponering (Bonde & Kolstad, 2003), men kun hos personer med nedsat hørelse, og ikke hos personer med normal hørelse. Dette er foreneligt med at støj giver skader på det indre øre, som medfører nedsat hørelse og sekundært hertil tinnitus, men tyder ikke på at støj forårsager tinnitus som isoleret fænomen. Vi har ikke kunnet identificere epidemiologiske undersøgelser som viser forøget forekomst af tinnitus i særlige brancher eller relateret til andre arbejdsmiljøfaktorer end støj.

Psykologiske faktorer

Der er fremkommet flere hypoteser for opståen af tinnitus, men indtil dato foreligger der ingen klare beviser for disse hypoteser. Der er generel enighed om, at tinnitus er forbundet med forøget impulsaktivitet i nervebanerne fra øret til hjernen, og at den forøgede aktivitet fejlagtigt opfattes som lyd (Møller; 1984). Ligheden mellem tinnitus og fantomsmerter er påpeget af flere forfattere (Eggermont, 1990; Tonndorf 1987), men den fremherskende opfattelse bygger på tabet af de ydre hårceller og det hermed forbundne tab input til den nervøse regulering og tilpasning af det indre øre (Jastroboff, 1995; Jastroboff, 1990; LePage, 1995).

En neurofysiologisk model synes at give en bedre forklaring på, hvorfor tinnitus af nogle opleves som ligegyldig og af andre som en næsten utålelig plage (Jastroboff, 1990; Jastroboff et al., 1996). Uagtet at tinnitus sandsynligvis primært opstår i øret, så er opfattelsen af tinnitus som en høj og ubehagelig lyd i høj grad betinget af psykologiske faktorer. Oplevelsen af forskellige lyde som meningsfulde indebærer forskellige processer med klassifikation og genkendelse af karakterer eller mønstre, og er langt fra en invariabel funktion af de indkomne stimuli. I de fleste tilfælde har sanseindtryk ingen særlig betydning og der sker hurtigt en tilvænning til dem, men hvis signalerne er knyttet til overlevelse eller velbefindende, rettes opmærksomheden mod dem. Hvis tinnitus opfattes som en direkte trussel, rettes opmærksomheden naturligvis mod den, og der skabes der en ond cirkel uden udveje. Ofte udløses tinnitus af en for hørelsen helt uvedkommende følelsesmæssigt belastning, som f.eks. nærtstående sygdom eller død, egen pludselig sygdom, etc. Det forekommer sandsynligt, at stærk følelsesmæssig stress er med til fremkalde den første oplevelse af tinnitus og forbinde den med noget livs- eller helbredsstruende (Hazell, 1995).

Den af Jastroboff (1990) foreslåede neurofysiologiske teori om tinnitus har dannet grundlag for en behandlingsstrategi - Tinnitus Retraining Therapy- hvilket måske kan oversættes til en terapi med med gentilpasning eller tilvænning. Behandlingen lægger vægt på først at begrænse patientens frygt og søger dernæst aktivt at tilvænne patienten til sin tinnitus (Jastroboff & Hazell, 1993; Jastroboff et al., 1996). Først afdækkes alle patientens problemer med både hørelse og tinnitus. Eventuelle ørelidelser behandles, og patienten informeres grundigt om årsagerne til tinnitus og forsikres om det ufarlige i symptomet. Herefter påbegyndes en tilvænningsproces, hvor patienten udstyres med en lille støjgenerator, som udsender en svag, men for patienten hørbar bredbåndsstøj ("hvid støj"). Støjgeneratoren sænker styrkeforskellen og dermed kontrasten mellem den oplevede tinnitus og baggrundsstøjen, og skal anvendes i mindst 6 timer om dagen. Tilvænningsprocessen varer typisk 12-18 måneder, og op til 80% mener at opnår en væsentlig bedring i deres tinnitus. Den opnåede bedring ser ydermere ud til at være blivende (Jastroboff et al., 1996).

De psykologiske faktorer ved tinnitus er af meget væsentlig betydning. I en undersøgelse af de oplevede problemer ved tinnitus angav hele 70% af have emotionelle problemer i form af frygt, depression, irritabilitet og mangel på koncentrationsevne (Tyler & Baker, 1983). Sammenhængen mellem sværhedsgrad af tinnitus og følelser som frygt og depression er bekræftet i flere undersøgelser (Halford & Anderson, 1991; Erlandsson et al., 1991; Budd & Pugh, 1995; Andersson & Mckenna, 1998; Folmer et al., 1999). Det kan være svært at afgøre om det er tinnitus, der er årsag til frygt og depression, eller særlige psykologiske karaktertræk modsætningsvis prædisponerer for tinnitus (Halford & Anderson, 1991), men det forekommer sandsynligt, at stress-følsomme personer oplever deres tinnitus som en væsentlig større belastning end stress-tolerante personer (Folmer et al., 1999). Der er næppe tvivl om at stress kan forværre generne ved tinnitus, og i værste fald kan tilstanden udvikle sig til svær tinnitus, der af patienten ofte angives at være årsag til søvnproblemer, koncentrationsbesvær og nedsat stemningsleje (Holgers, 2003).

Stigningen i stressrelaterede sygdomme har i Sverige ændret diagnosticeringen og behandlingen af tinnitus, så behandlingen i højere grad relaterer sig til de underliggende årsager. Holgers et al. (2003) opdeler i tre hovedkategorier: 1) Tinnitus relateret til høreskade; 2) somatisk tinnitus. 3) tinnitus relateret til angst og depression. Somatisk tinnitus er knyttet til smerter i nakke nakkemuskulaturen og påvirkninger af tyggemusklene, som det ses i forbindelse med sammenbidning og tænderskæring (Holgers et al., 2003). Somatisk tinnitus og tinnitus relateret til angst og depression er væsentligste kategorier til prædiktion for udvikling af svær og invaliderende tinnitus (Holgers et al., 2005). Behandling med antidepressionsmidlet sertraline (Zoloft) har en positiv effekt på patienter med invaliderende tinnitus (Zöger et al., 2006). Sertraline hører til gruppen af selektive-serotoningenoptagelseshæmmere (Specific Serotonin Reuptake Inhibitors, SSRI), der populært kaldes ”lykkepiller”. Den påviste effekt synes dog begrænset, idet effekten af behandling med placebo udgjorde mellem 30-50% af effekten af behandling med sertraline, og det er spørgsmålet, om den påviste effekt lader sig generalisere til behandling af mindre alvorlige tilfælde af tinnitus.

Lydoverfølsomhed

Lydoverfølsomhed er en almindeligt brugt dansk oversættelse af hyperakusis, der defineres som en forøget følsomhed overfor lyde ved niveauer, der ikke giver anledning til besvær for normale individer (Katzenell og Segal, 2001). Andre har benyttet definitioner som ’usædvanlig [lav] tolerance til almindelige lyde i omgivelserne’ eller ’vedvarende, overdrevent respons på lyde, som er hverken truende eller ubehageligt høje for almindelige mennesker’ (Baguley, 2002), og ’ekstrem overfølsomhed for hverdagens lyde, som almindeligvis ikke besværer mennesker (Anderson et al., 2005). Der er altså ikke tale om en særlig sensitivitet over for specielle lyde (fonofobi): Alle forholdsvis svage lyde giver anledning til problemer, hvilket samtidig adskiller støjoverfølsomhed fra støjfølsomhed, som næsten alle vil kunne opleve.

Hyperakusis er et symptom og årsagerne til hyperakusis er kun delvist kendte. Grundliggende er hyperakusis et udforsket område (Anderson et al., 2005), og beskrivelsen af hyperakusis er generelt svagt funderet og hviler i alt for høj grad på et rent spekulativt grundlag. Hyperakusis kan forekomme som et eller flere symptomer i forskellige sygdomstilstande i mellemøret, eller være en følge af skade på det indre øre (cochlea = sneglen) eller sygdomstilstand i de centrale hørebaner. Katzenall og Segal (2001) opdeler tilfælde af hyperakusis i fire hovedgrupper: 1) Kliniske forhold

med relation til der den perifere hørelse, 2) kliniske forhold med relation til nervesystemet, 3) hormonelle og infektiøse sygdomme og 4) ukendte årsager.

Til de væsentligste årsager med tilknytning til hørelsen er høretab med loudnes recruitment, hvor opfattelsen af lydstyrken vokser uforholdsmæssigt meget med stigende lydstyrke. Dette skyldes i al væsentlighed, at høretab ikke blot er tab af evnen til at høre svage lyde, men nærmere et tab i hørelsen dynamiske spændvidde, så samtidig med at høretærsklerne øges nedsættes evnen til tåle meget kraftige lyde. Det vil sige, at det vindue, hvor man hører lyde men passende lydstyrke indskrænkes. I en undersøgelse af støjbelastede arbejdere beskæftiget ved kontrolpulte med 11 års gennemsnitlig støjeksponering og deraf følgende støjbettinget høretab faldt grænsen for ubehag ved lyd fra 120 dB til 70 dB (Tzenava, 1996). Indskrænkningen i den dynamiske spændvidde var størst ved 4000 Hz, og et udtalt tab kunne påvises når høretærsklen ved denne frekvens var øget med 20 dB. I visse tilfælde var den dynamiske spændvidde indskrænket til blot 10 dB, hvilket blev tilskrevet til loudness recruitment med mangelfuld centralnervøs regulering. Hyperakusis er blevet beskrevet hos musikere med regelmæssig udsættelse for kraftig lyd (ASHA, 1995).

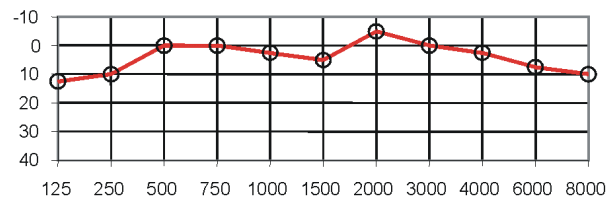
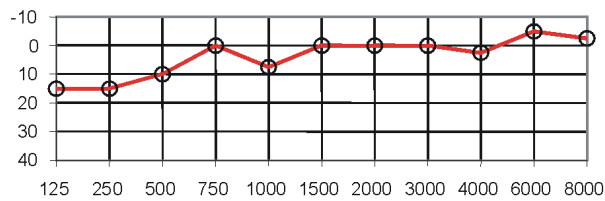
Andre årsager med relation til den perifere hørelse er lammelse af facialis nerven, hvor 29% af patienter med denne lidelse har oplever ubehag ved almindelig tale, hvilket er blevet tilskrevet mangelfuld funktion af musklerne i mellemøret (m. stapedius og m. tensor tympani) med tab stapedius refleks. Tilsvarende er der ved herpesvirus infektion med affektion til hjernenerver er der fundet hyperakusis i op til halvdelen (46%) af patienter med høretab (Katzenall og Segal, 2001). Også ved borreliose synes hyperakusis et være et ofte forekommende symptom, hvilket i en del tilfælde kan tilskrives facial parese med ændringer i stapediusrefleksen, men det er også beskrevet i tilfælde uden facialis parese (Baguley, 2003). Til lidelser i centralnervesystemet forbundet med hyperakusis hører depression, hovedpine, mindre hovedtraumer, indlæringsvanskeligheder og stammen hos børn, genetisk lidelse (Williams syndrome). Ved migræne rapporterer mellem 70 til 83% af patienter fonofobi under anfald, og denne andel ændres ikke væsentligt mellem anfald, og det er foreslået at nedsat lydtolerance kan være en del af det diagnostiske kriterium for diagnosen migræne (Katzenall og Segal, 2001). Til de hormonelle lideleser med hyperakusis hører Addisons sygdom, der skyldes insufficiens af binyrebarken. Den dynamiske spændvidde er signifikant nedsat ved Addisons syge, men uden at sammenhængen mellem hørelsen og de hormonelle forandringer har kunnet forklares.

Tinnitus og hyperakusis kan tænkes være knyttet til dysfunctioner af det efferente auditoriske system, der gennem mediale og laterale nervebaner ender henholdsvis direkte de ydre hårceller og de primære sensoriske (afferente) nervebaner fra de indre hårceller. Særlig den mediale del af det efferente system kan tænkes at bidrage til både hyperakusis og tinnitus (Baguley, 2003). Jastreboff og Hazell (1993), der må betragtes som ophavsmænd til den Tinnitus Retraining Therapy (TRT), betragter hyperakusis som en forøget centralnervøs forstærkning af lydindtryk og anser hyperakusis som et forstadium til tinnitus. Hyperakusis og tinnitus kan fremkalde bekymring og frygt, og frygten er måske den drivende kraft i forværringen af symptomerne gennem udviklingen en ond cirkel. TRT tager initialt sigte på at fjerne patientens frygt for tinnitus og hyperakusis, og side bringe disse symptomer ud af patientens opmærksomhed snarere end at fjerne den.

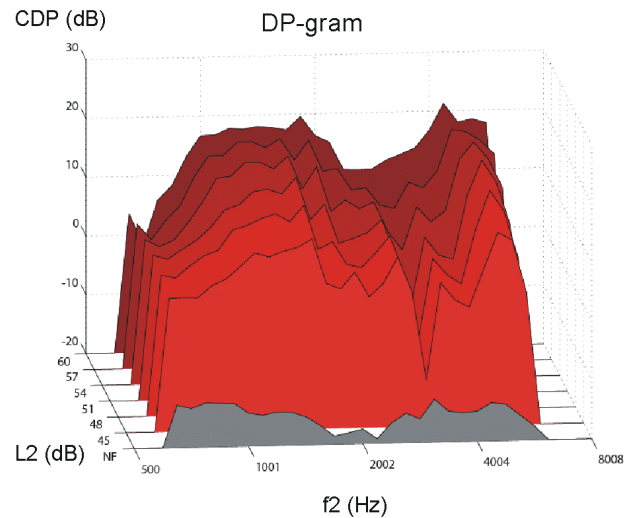
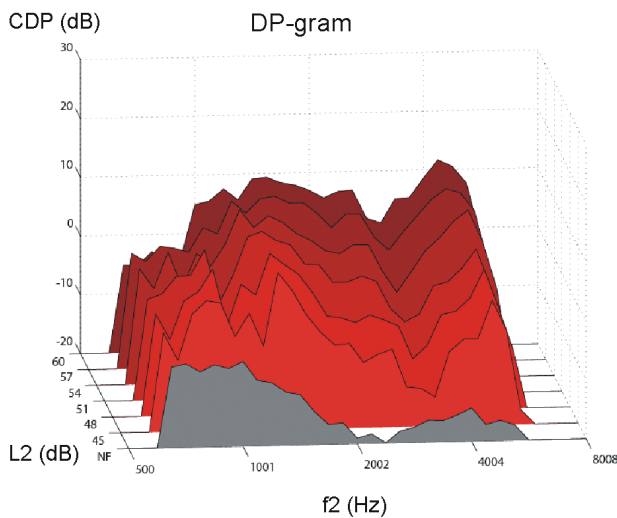
SPL, 53 år

SAL, 13 år

Audiogrammer



Distortions produkt oto-akustisk emission (DPOAE)



Kontralateral suppression af transient oto-akustisk emission

CS	50	55	65
uden	9,9	10,2	10
med	10,3	9,8	9,2
forskel	-0,4	0,4	0,8

CS	50	55	65
uden	17,9	18	18
med	16,7	16,7	16,5
forskel	1,2	1,3	1,5

Figur 5. Sammenhæng mellem høretærskler (audiogram), distortions produkt oto-akustisk emission (DPOAE) og suppression af oto-akustisk emission på højre øre hos forfatteren (Søren Peter Lund, 53 år) og hans datter (Sofie Amalie Lund, 13 år). **Øverst:** Audiogrammerne på højre viser ikke nævneværdige aldersforskelle. **Midt:** De enkelte DPOAE-kurver er lavet ved faldende stimulering i trin på 3 dB, og der ses tydelige frekvensmæssige ændringer i det lavfrekvente område samt ved 3000-4000 Hz. Den afbildede frekvens langs x-aksen (f_2) svarer relativt godt til ændringer i høretærskler ved samme frekvens. På trods audiogrammet er der tale om et ikke ubetydeligt funktionstab hos SPL. **Nederst:** Tabellen viser forskelle mellem målinger af oto-akustisk emission under stimulering med såkaldt "hvis støj" (susen) i det modsatte øre (kontralateral stimulering, CS). Hos SPL er der ingen forskel ved stimulering med henholdsvis 50 og 55 dB, mens der allerede er forskel ved 50 dB hos SAL. Den manglende forskel kan relateres til nedsat tilpasningsevne af hørelsen ved baggrundsstøj.

Stansfeld et al. (1985) hævder 40-50 % af tilfælde af særligt følsomhed over for lyd er associeret til psykiske lidelser, uden at man deraf kan udlede en kausal sammenhæng. Hyperakusis er beskrevet i forbindelse med patienter med depression og dette har ført flere til at forslå at symptomet hos disse patienter hænger sammen med ændringer med for lave niveauer af serotonin (5-hydroxytryptamin, 5-HT) i hjernen (Carman, 1973; Marriage og Barnes, 1995). Hos rotter knyttes udtømmning af serotonin til øget akustisk "startle response", hvilket kan beskrives øget motorisk reaktion ved en pludselig høj lyd. Tilsvarende reaktion ses ved posttraumatisk stresssyndrom (PTSD), hvor øget "startle respons" er et af kriterierne for denne diagnose, men der er endnu ikke ført bevis for, at forstyrrelse af serotoninstofskiftet bidrager til hyperakusis, og heller ikke at behandling med forskellige antidepressive midler har effekt på hyperakusis. Det er dog, at både hyperakusis og tinnitus forværres i forbindelse med træthed, bekymring eller stress (Sahley og Nodar, 2001).

Tab af dynamisk tilpasningsevne

En støjbetinget høreskade er forbundet med et høretab i form af klare ændringer i høretærskler ved en eller flere frekvenser. Øgede høretærskler indebærer, at man ikke kan høre svage lyde. Desværre er det en almindelig udbredt misforståelse, at man med tab af høreevne generelt vil høre alle lyde svagere. Med tab af høreevne følger et tab af dynamisk tilpasningsevne eller spændvidde, og man har sværere ved høre svage lyde, men tilgæld opfattes kraftig lyd ofte som ubehagelig høj. Der er altså kortere afstand mellem de lyde, man akkurat lige kan høre, til lydene synes at være for kraftige. Samtidig følger også, at man generelt har sværere ved at høre under vanskelige akustiske forhold, fx hvor mange stemmer giver anledning til høj baggrundsstøj.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at man kan have tab af høreevne, der ikke umiddelbart behøver at være forbundet med ændringer i audiogrammet (se figur 5). Der inden for den audilogiske forskning kommet øget fokus på betydningen af den konstante tilpasning af hørelsen, som nervesystemet udøver til fintuning af hørelsen. Der synes at være klare resultater, der viser konsekvenserne af mangelfuld dynamisk tilpasningsevne (Jacobson et al., 2003; Kumar & Vanaja 2004; Tadros et al., 2005; May et al., 2006). Disse effekter på hørelsen kan måles på forskellig vis, og nedsat funktion synes i et vist omfang at kunne associeres til tidlige ændringer i hørelsen, og i et vist omfang til symptomer som tinnitus og lydoverfølsomhed. Sådanne undersøgelser åbner muligheder for at udforske eventuelle sammenhænge mellem støjudsættelse, målelige ændringer i høreevne og symptomer som tinnitus og lydoverfølsomhed.

Referencer

- Andersson G, McKenna L: Tinnitus masking and depression. *Audiology* 1998; 37:174-82 .
- Axelsson A, Eliasson A, Israelsson B. Hearing in pop/rock musicians: a follow-up study. *Ear Hear* 1995;16:245-53.
- Axelsson A, Ringdahl A: Tinnitus-a study of its prevalence and characteristics. *Br J Audiol* 1989; 23:53-62.
- Axelsson A, Sandh A. Tinnitus in noise-induced hearing loss. *Br J Audiol* 1985;19:271-6.
- Baguley DM. Mechanisms of tinnitus. *Br Med Bull* 2002;63:195-212.
- Barbosa AS, Cardoso MR. Hearing loss among workers exposed to road traffic noise in the city of Sao Paulo in Brazil. *Auris Nasus Larynx* 2005;32:17-21.
- Behar A, MacDonald E, Lee J et al. Noise exposure of music teachers. *J Occup Environ Hyg* 2004;1:243-7.
- Bonde, J. P. and Kolstad, H. A. Arbejdsbetinget støjskade. En undersøgelse af støj og høretærskel i højriskbrancher i Århus Amt som basis for fortløbende overvågning. Arbejdsmedicinsk Klinik, 2003.
- Bray A, Szymanski M, Mills R. Noise induced hearing loss in dance music disc jockeys and an examination of sound levels in nightclubs. *J Laryngol Otol* 2004;118:123-8.
- Budd RJ, Pugh R: The relationship between locus of control, tinnitus severity, and emotional distress in a group of tinnitus sufferers. *J Psychosom Res* 1995; 39:1015-8.
- Burns, W. and Robinson, D. W. Hearing and noise in industry. London: Her Majesty's Stationary Office, 1970.
- Chung DY, Gannon RP, Mason K. Factors affecting the prevalence of tinnitus. *Audiology* 1984;23:441-52.
- Coles RAR: Classification of causes, mechanisms of patient disturbance, and associated counseling. *Mechanisms of tinnitus*. 1995: 11-19. Ed.: Vernon, JA, Møller, AR. Allyn & Bacon, Boston.
- Coles R, Davis A, Smith P: Tinnitus: Its epidemiology and management. *Presbycusis and other age related aspects. 14th Danavox Symposium* 1990: 377-402. Ed. Jensen, JH. Danavox, Copenhagen.
- Dalton DS, Cruickshanks KJ, Wiley TL et al. Association of leisure-time noise exposure and hearing loss. *Audiology* 2001;40:1-9.
- Dancer A, Buck K, Parmentier G et al. The specific problems of noise in military life. *Scand Audiol Suppl* 1998;48:123-30.

- Dancer A, Buck K. Audiometric surveillance of soldiers during shooting light and heavy weapons with different hearing protection. *Scand Audiol Suppl* 1991;34:157.
- Daniell WE, Fulton-Kehoe D, Smith-Weller T et al. Occupational hearing loss in Washington state, 1984-1991: I. Statewide and industry-specific incidence. *Am J Ind Med* 1998;33:519-28.
- Eggermont JJ: On the pathophysiology of tinnitus; a review and a peripheral model. *Hear Res* 1990; 48:111-23.
- Erlandsson SI, Rubinstein B, Axelsson A, Carlsson SG: Psychological dimensions in patients with disabling tinnitus and craniomandibular disorders. *Br J Audiol* 1991; 25:15-24.
- Evans WA, Ming HY. Industrial noise-induced hearing loss in Hong Kong--a comparative study. *Ann Occup Hyg* 1982;25:63-80.
- Folmer RL, Griest SE, Meikle MB, Martin WH: Tinnitus severity, loudness, and depression. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1999; 121:48-51.
- Gallo R, Glorig A. Permanent threshold shift changes produced by noise exposure and aging. *Am Ind Hyg Assoc J* 1964;25:237-45.
- Gunderson E, Moline J, Catalano P. Risks of developing noise-induced hearing loss in employees of urban music clubs. *Am J Ind Med* 1997;31:75-9.
- Halford JBS, Anderson SD: Tinnitus severity measured by a subjective scale, audiometry and clinical judgement. *J Laryngol Otol* 1991; 105: 89-93.
- Hazell, JWP: Models of tinnitus: Generation, perception, clinical implications. *Mechanisms of tinnitus*. 1995: 57-72. Ed.: Vernon, JA, Møller, AR. Allyn & Bacon, Boston.
- Hazell JW, Jastreboff PJ: Tinnitus. Auditory mechanisms: a model for tinnitus and hearing impairment. *J Otolaryngol* 1990; 19:1-5.
- Heller MF, Bergman M: Tinnitus aurium in normally hearing persons. *Ann Otol* 1953; 62:73-83.
- ISO 1999. Acoustics, determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. Geneva: International Organization for Standardization, 1990.
- Ising H, Kruppa B. Health effects caused by noise: evidence in the literature from the past 25 years. *Noise Health* 2004;6:5-13.
- Jacobson M, Kim SH, Romney J, Zhu X, Frisina RD. Contralateral suppression of distortion-product otoacoustic emissions declines with age: A comparison of findings in CBA mice with human listeners. *Laryngoscope* 2003, 113: 1707-1713.
- Jastreboff PJ: Tinnitus as a phantom perception: Theories and clinical implications. *Mechanisms of tinnitus*. 1995: 73-93. Ed.: Vernon, JA, Møller, AR. Allyn & Bacon, Boston.

Jastreboff PJ: Phantom auditory perception (tinnitus): Mechanisms of generation and perception. *Neurosci Res* (N Y) 1990; 8:221-54.

Jastreboff PJ, Gray WC, Gold SL: Neurophysiological approach to tinnitus patients. *Am J Otol* 1996; 17:236-240.

Jastreboff PJ, Hazell JW: A neurophysiological approach to tinnitus: clinical implications. *Br J Audiol* 1993; 27:7-17.

Jiang T. Risks of noise-induced hearing loss for physical education teachers. *J Occup Environ Med* 1997;39:925-6.

Johnson DL. Field studies: industrial exposures. *J Acoust Soc Am* 1991;90:170-4.

LePage EL: A model for cochlear origin of subjective tinnitus: Exitatory drift in the operating point of inner hair cells. *Mechanisms of tinnitus*. 1995: 115-147. Ed.: Vernon, JA, Møller, AR. Allyn & Bacon, Boston.

Kahari KR, Axelsson A, Hellstrom PA et al. Hearing development in classical orchestral musicians. A follow-up study. *Scand Audiol* 2001;30:141-9.

Kahari K, Zachau G, Eklof M et al. Assessment of hearing and hearing disorders in rock/jazz musicians. *Int J Audiol* 2003;42:279-88.

Kamal AA, Mikael RA, Faris R. Follow-up of hearing thresholds among forge hammering workers. *Am J Ind Med* 1989;16:645-58.

Kandel, E.R., Schwartz, J.H., and Jessell, T.M. *Principles of Neural Science*. Elsevier, New York, 4th edition, 2000.

Karlsson K, Lundquist PG, Olaussen T. The hearing of symphony orchestra musicians. *Scand Audiol* 1983;12:257-64.

Kolstad HA. Hørenedsættelse og støjeksposering. In: Autrup H, Bonde JP, Rasmussen K, Sigsgaard T, editors. *Miljø- og arbejdsmedicin*. 2 ed. København: FaDL's Forlag, 2003:395-393.

Kumar UA, Vanaja CS. Function of the olivocochlear bundle and speech perception in noise. *Ear Hearing* 2004, 25: 143-146.

Laitinen HM, Toppila EM, Olkinuora PS et al. Sound exposure among the Finnish National Opera personnel. *Appl Occup Environ Hyg* 2003;18:177-82.

Luxon L. Textbook of audiological medicine. London: Martin Dunitz; 2003.

May BJ, Budelis J, Niparko JK. Behavioral studies of the olivocochlear efferent system. Learning to listen in noise. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2004, 130: 660-664.

McShane DP, Hyde ML, Alberti PW. Tinnitus prevalence in industrial hearing loss compensation claimants. *Clin Otolaryngol* 1988;13:323-30.

Morgan D: Tinnitus and the jaw joint (TNJ). *Tinnitus Treatment and Relief*. 1998: 197-200. Ed.: Vernon, JA. Allyn & Bacon, Boston.

Mrena R, Savolainen S, Pirvola U et al. Characteristics of acute acoustical trauma in the Finnish Defence Forces. *Int J Audiol* 2004;43:177-81.

Mrena R, Savolainen S, Kuokkanen JT et al. Characteristics of tinnitus induced by acute acoustic trauma: a long-term follow-up. *Audiol Neurotol* 2002;7:122-30.

Møller AR: Pathophysiology of tinnitus. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1984; 93:39-44.

Nondahl DM, Cruickshanks KJ, Wiley TL et al. Prevalence and 5-year incidence of tinnitus among older adults: the epidemiology of hearing loss study. *J Am Acad Audiol* 2002;13:323-31.

Palin SL. Does classical music damage the hearing of musicians? A review of the literature. *Occup Med (Lond)* 1994;44:130-6.

Palmer KT, Griffin MJ, Syddall HE et al. Occupational exposure to noise and the attributable burden of hearing difficulties in Great Britain. *Occup Environ Med* 2002;59:634-9.

Passchier-Vermeer W, Passchier WF. Noise exposure and public health. *Environ Health Perspect* 2000;108 Suppl 1:123-31.

Phoon WH, Lee HS, Chia SE. Tinnitus in noise-exposed workers. *Occup Med (Lond)* 1993;43:35-8.

Prince MM, Stayner LT, Smith RJ et al. A re-examination of risk estimates from the NIOSH Occupational Noise and Hearing Survey (ONHS). *J Acoust Soc Am* 1997;101:950-63.

Quaranta A, Assennato G, Sallustio V. Epidemiology of hearing problems among adults in Italy. *Scand Audiol Suppl* 1996;42:9-13.

Reid A, Dick F, Semple S. Dog noise as a risk factor for hearing loss among police dog handlers. *Occup Med (Lond)* 2004;54:535-9.

Rosenhall U, Karlsson AK. Tinnitus in old age. *Scand Audiol* 1991;20:165-71.

Royster JD, Royster LH, Killion MC. Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicians. *J Acoust Soc Am* 1991;89:2793-803.

Rubinstein B: Tinnitus and craniomandibular disorders-is there a link? *Swed Dent J Suppl* 1993; 95:1-46.

Sadhra S, Jackson CA, Ryder T et al. Noise exposure and hearing loss among student employees working in university entertainment venues. *Ann Occup Hyg* 2002;46:455-63.

Siebert GW. Hazardous noise at a child care center. *Am Ind Hyg Assoc J* 1989;50:A809.

Sindhusake D, Golding M, Newall P et al. Risk factors for tinnitus in a population of older adults: the blue mountains hearing study. *Ear Hear* 2003;24:501-7.

Sindhusake D, Golding M, Wigney D et al. Factors predicting severity of tinnitus: a population-based assessment. *J Am Acad Audiol* 2004;15:269-80.

Smootenburg GF. Risk of noise-induced hearing loss following exposure to Chinese firecrackers. *Audiology* 1993;32:333-43.

Tadros SF, Frisina ST, Mapes F, Kim SH, Frisina DR, Frisina RD. Loss of peripheral right-ear advantage in age-related hearing loss. *Audiol Neurotol* 2005, 10: 44-52.

Taylor W, Pearson J, Mair A et al. Study of noise and hearing in jute weaving. *J Acoust Soc Am* 1965;38:113-20.

Temmel AF, Kierner AC, Steurer M et al. Hearing loss and tinnitus in acute acoustic trauma. *Wien Klin Wochenschr* 1999;111:891-3.

Tonndorf J: The analogy between tinnitus and pain: a suggestion for a physiological basis of chronic tinnitus. *Hear Res* 1987; 28:271-5.

Tyler RS, Baker LJ: Difficulties experienced by tinnitus sufferers. *J Speech Hear Disord* 1983; 48:150-154.

Ulfendahl, M: Mechanical responses of the mammalian cochlea. *Prog. Neurobiol.* 1997; 53:331-380.

6. Non-auditive effekter af støj

Jesper Kristiansen og Hitomi Shibuya (afsnit 6.3)

Indledning

Non-auditive effekter er effekter som ikke direkte vedrører hørelsen (modsat de auditive effekter, som blev behandlet i forrige kapitel). Blandt de non-auditive effekter er både psykologiske effekter, som direkte kan relateres til udsættelse for støj, fx følelsen af at være generet eller distraheret af støj, og subjektive effekter som ikke nødvendigvis forbindes direkte med udsættelse for støj, fx træthed, irritabilitet, stress osv. Non-auditive effekter omfatter desuden objektivt målbare effekter såsom præstationsevne og fysiologiske reaktioner (fx stressreaktioner). Sociale konsekvenser af udsættelse for støj er også en non-auditiv effekt. Denne virkning af støjudsættelse behandles for sig selv i kapitel 7.

Viden om non-auditive effekter af støj i arbejdsmiljøet kommer fra to fronter, dels fra basal psykologisk og fysiologisk forskning i lyds påvirkning af dyr og mennesker, dels fra den mere anvendelsesorienterede forskning i problemer med støj i arbejdsmiljøet, herunder både laboratorieundersøgelser og feltundersøgelser. Herunder gennemgås først nogle basale effekter af lyd på mennesker (og dyr), og derefter stemmers særlige egenskaber som lyd med hensyn til påvirkning af menneskers hjerneaktiviteter. Efter disse indledende afsnit præsenteres og diskuteres nyere laboratorie- og arbejdspladsundersøgelser af effekter af støj i ikke-industrielle arbejdsmiljøer.

Biologiske effekter af lydpåvirkninger

Fra et biologisk synspunkt er vi indstillede til at reagere på lyde. Vi har biologisk betingede reaktionsmønstre på lyde fordi, vi ligesom andre levende væsner er tilpasset til at sanse, hvad der sker i omgivelserne, og til at reagere på en måde, som sikrer vores overlevelse bedst muligt. Hørelsen er en vigtig sans til dette formål, både til at undgå trusler fra omgivelserne, til at finde føde og vand, og til at kommunikere med vores artsfæller. For at reagere hurtigt og hensigtsmæssigt på lydinformation fra omgivelserne sker der en effektiv sortering af de modtagne lydsignaler i hjernen, således at vi reagerer på relevante lyde, og til en vis grad kan ignorere resten. Denne sortering og analyse af indkommende lydinformationer i hjernen foregår tæt forbundet med strukturer i hjernen, der tilpasser kroppen til de handlinger som måtte følge. Fx vil sansningen af lyde, der signalerer en fjende eller et rovdyr, der nærmer sig, udløse en passende kropslig reaktion, fx øget puls, mobilisering af energireserver, ændring af blodtilførslen fra indre organer til muskler osv. Disse kropslige reaktioner sker i samspil med bl.a. tillærte reaktionsmønstre og psykologiske faktorer.

Spørgsmålet er, om disse biologisk funderede reaktioner på lyde har betydning i dag. Der lurar ikke længere rovdyr rundt om hjørnet, og vi går heller ikke jagt for at skaffe mad på bordet, og dermed er vi ikke længere afhængig af sanserne på samme måde som tidligere. Men for det første er de sorteringsprocesser, der foregår i hjernen, stadig aktive, uanset om det er andre slags lyde eller støj, som vi omgives af nu, sammenlignet med vores primitive fortid. For det andet har vi nogle effektive indlæringsmekanismer, der kan få os til at reagere på stimuli, fx lyde, der ellers er neutrale.

For at illustrere de biologiske sorteringsmekanismer og kropsreaktioner på lyde beskrives herunder kort to velfunderede reaktioner på lyde, nemlig startlerekationen og orienteringsresponset. De er begge velkendte reaktioner, hvor udsættelsen for lyd fører til både centrale og perifere

kropslige reaktionsmønstre. Disse biologisk betingede reaktionsmønstre begrundes hvorfor støj opfattes som en psykosocial stressor (Westman & Walters, 1981).

Startle- og forsvarsreaktion

Startle-refleksen kendes af alle, der har prøvet at blive forskrækket af en pludselig høj lyd. Startle-refleksen er ufrivillig (dvs. uden for viljens kontrol) og udløses ikke kun af lyde, men generelt af uventede stimuli af høj intensitet og/eller en pludselig begyndelse (Davis, 1984; Hugdahl, 1995). Forsvarsreaktionen (engelsk, *defence response*) hænger ofte sammen med startle-refleksen, idet en forsvarsreaktion ofte følger efter en startle-reaktion. En forsvarsreaktion kan dog udløses af lavere lydniveauer (ned til 70 dB(A)), og kan forekomme uafhængigt af startlereaktionen. Reaktionen i startle-refleksen omfatter øjenblink, kontraktion af muskler i ansigtet og i nakken samt andre skeletmuskler, og en forøgelse af pulsen. Man mærker fx, at kroppen giver et ”spjæt”, når man bliver forskrækket af en pludselig høj lyd. Hvis reaktionen er mindre, er den måske begrænset til et blink med øjnene. Startlerefleksen aftager hurtigt ved gentagne stimuli, en proces der kaldes habituering. I et udviklingsbiologisk perspektiv er startlerefleksen formodentlig en beskyttelse af organismen fra et angreb fra et rovdyr og en forberedelse på en forsvarsreaktion (Koch, 1999). Det pludselige ryk med kroppen kan tænkes at forvirre et angribende rovdyr, eller medføre at angriberen rammer ved siden af. Hvis startle-refleksen følges af en forsvarsreaktion, så vil den initielle acceleration af pulsen følges af en sænkning af pulsen og en stigning i blodtrykket. Åndedrættet bliver langsommere og dybere, og spytdruskillelsen vil formindskes og fordøjelsesprocessernes hastighed sænkes (Westman & Walters, 1981).

Startle-refleksen er en relativt hurtig reaktion, idet reaktionen medieres via en neural rute med kun få synapser. Et særligt område i hjernebroen (pons nucleus caudatus, PnC) modtager direkte akustiske input fra centrale auditoriske neuroner. PnC neuroner projicerer ud på motorneuroner i ansigtet og kraniet samt spinale motorneuroner (Koch, 1999). Dette er det primære neurale netværk for startle-reaktionen, men aktiviteten i det primære netværk moduleres af andre neurale systemer. Særlig vigtig i den sammenhæng er amygdala, som er et center i hjernen for grundlæggende følelser som frygt og behag. Frygt er en kendt forstærker af startle-reaktionen, og frygt-forstærket startle-reaktion har været anvendt som en model for angst-personlighed (*anxiety*) hos mennesker (Davis et al., 1993). Emotionelt ladede billeder (Lang et al., 1990) eller behagelige/ubehagelige lugte (Miltner et al., 1994) er ligeledes i stand til at moderere startle-reaktionen via neural aktivitet i forskellige centre i amygdala (Bradley, 2000).

Er startle- eller forsvarsreaktioner relevante i forbindelse med støj i arbejdsmiljøet? I industrielle arbejdsmiljøer med høj støj synes svaret at være ja (Westman & Walters, 1981). Impulsstøj i industrielle arbejdsmiljøer er en oplagt kandidat til at udløse startle-reaktioner. Startle-reaktioner har desuden indgået som (selvrapporteret) mål i arbejdspladsundersøgelser i ikke-industrielle sammenhænge med væsentligt lavere lydniveauer (Kjellberg et al., 1996). Den væsentligste karakteristik for en lyd til at udløse en startle-reaktion er ikke intensiteten, men ”pludselighed” (hurtig stigning). Erfaringen er, at pludselige lyde føles overraskende og kan give en fysisk reaktion, der kan opleves som ubehag. Jævnfør ovennævnte sammenhæng mellem frygt og ubehag og startle-reaktionen, så er det muligt at faktorer som et dårligt psykisk arbejdsmiljø og stress vil forstærke startle-reaktionen. En anden mulighed er, at personer med udpræget angst-personlighed vil føle sig mere generet end andre af støj, særligt hvis den forekommer varierende og uforudsigeligt.

Orienteringsrespons

Orienteringsresponsen (*eng., orienting response*) er blevet kaldt ”hvad-er-det”-refleks af Pavlov, som var den første til at beskrive denne reaktion. Pavlov karakteriserede det som en motorisk

reaktion, hvorved det pågældende dyr retter sine sanseorganer ind med det formål at øge kvaliteten af de modtagne sanseindtryk (Öhman et al., 2000). Disse kan være lyde, såvel som lugte og visuelle indtryk. Det er klart, at en sådan reaktion er yderst vigtig for overlevelsen, både med hensyn til at detektere rovdyr og potentielle byttedyr i tide, såvel som i kommunikationen med artsfæller. Senere undersøgelser, bl.a. af Sokolov, viste mange andre komponenter i orienteringsresponsen end motoriske, bl.a. en reduktion i åndedrættet, en ændring af pulsen, og en reduktion i den elektriske aktivitet i mange af hovedets muskler (Stekelenburg og Van Boxtel, 2002). Orienteringsrespons ses ved nye, overraskende, komplekse sansestimuli af lav til moderat intensitet, og funktionen af de forskellige dele af orienteringsresponsen formodes at være at øge sansernes evne til at opfange indtryk fra omgivelserne, bl.a. ved at reducere kroppens egne (indre) lyde (Hugdahl, 1995. Stekelenburg og Van Boxtel, 2002). Ligesom startle-responsen habituerer orienteringsresponsen hurtigt.

Orienteringsresponsen er med andre ord den reaktion, der ”fanger” ens opmærksomhed, når man hører en ny lyd eller en lyd, man ikke havde forventet. Der er mange lyde (støj) i arbejdsmiljøet, som vil være kandidater til at udløse et orienteringsrespons. Dette understøttes af arbejdspladsundersøgelser der viser, at de lydkvaliteter, der har betydning for den oplevede distraktionsvirkning af støj bl.a. kan tilskrives lydets uforudsigelighed og følelsen af manglende kontrol over lyden (Kjellberg et al., 1996). Man kan formode, at det kræver en vis aktivitet ekstra mental anstrengelse at modvirke de reflekser som orienteringsresponsen bevirker. Dette kan betyde, at forstyrrende lyde alt andet lige vil øge trætheden i løbet af arbejdet.

Stemmers effekter

Stemmer er specielle lydstimuli

Ud over at stemmer fra individer af sin egen art er medier for *semantisk information*, dvs. mening, indeholder stemmer informationer om afsendernes *identiteter* samt deres *emotionelle tilstande* (*prosody*). Disse informationer er vigtige for individer af de arter, hvis individuelle overlevelser afhænger af deres flokliv, herunder mennesker (Belin, Fecteau, & Bedard, 2004).

Stemmers effekter på menneskers hjerneaktiviteter

Hos primater, herunder mennesker, behandles nervesignaler, der stammer fra lyd stimuli, hovedsageligt i områder på tindingelapperne. I de seneste år har der været intense undersøgelsesaktiviteter om stemmers effekter på menneskers hjerneaktiviteter ved hjælp af forskellige hjerne skannings- og imagingteknikker. I tindingelapperne findes der et område på den øvre bank af den centrale del af superiore temporale sulcus (STS) af begge sider af hjernen, som viser særligt stærk aktivitet ved eksponering for stemmer i forhold til eksponering for forskellig ikke-stemme lyd fra omgivelserne (Belin, Zatorre, Lafaille, Ahad, & Pike, 2000).

En undersøgelse af hjerneaktiviteter hos personer med autisme (Gervais et al., 2004) har vist tankevækkende resultater. Personer med autisme karakteriseres med problemer med socialt samspil med andre personer, og har vanskeligheder i at identificere stemmers afsendere og deres emotionelle tilstande. Undersøgelsen viste for personer med autisme, at der ikke var nogen områder i hjernen, som udviste stærkere aktivitet ved eksponering for stemmer end ved eksponering for ikke-stemme lyd. At hjernen reagerer særligt til stemmer ser ud til at være en vigtig egenskab for at kunne fungere normalt i det sociale liv.

Nogle dele af hjernen beskæftiger sig med ikke-sproglige informationer i stemmer. Den anteriore del af STS i den højre hjernehalvdel beskæftiger sig med identificering af stemmer (Belin, Zatorre, & Ahad, 2002; Wong et al., 2002; Belin et al., 2004). Derimod beskæftiger den midterste del af STS på begge sider af hjernen samt højre amygdala (et center for grundlæggende følelser) sig

med de emotionelle aspekter af stemmer (Sander et al., 2005). Disse områder aktiveres stærkere ved eksponering for stemmer med emotionelle betoning, selvom stemmernes semantisk information er ugenkendelig, og uanset om opmærksomheden bliver rettet mod den emotionelle aspekt af stemmer eller ej. Det tyder på således, at udsættelse for stemmer med emotionelle betoning alene kan forårsage en emotionel belastning.

Der er adskillige undersøgelser af hjerneaktiviteter, der omhandler perception af tale (Scott & Johnsrude, 2003). Et resultat (Wise et al., 2001), som er relevant for den senere diskussion, er at den posteriore del af STS på den venstre hjerne beskæftiger sig med korttidshukommelse af fonologisk oplysninger af tale-lyd, uanset hvor de stammer fra (hørt, selvudtalt, læst, eller planlagt udtale).

Effekt af uvedkommende stemmer på kognitiv opgaveløsning

Inden for kognitionspsykologi har der været en over 30-år lang forskningstradition om emnet 'uvedkommende stemme effekt' (*irrelevant speech effect*), dvs., en skadelig virkning af uvedkommende stemmer på kognitive opgaveløsninger. Størstedelen af undersøgelserne anvender paradigmet baseret på seriel genkaldelse. I seriel genkaldelse skal forsøgspersonerne først indlære en rækkefølge af ord, typisk tal, og senere, efter en vedligeholdelsesperiode af varierende længde, skal de genkalde rækkefølgen. Normalt kan man genkalde en rækkefølge af en længde, som svarer til det man kan nå at udtale på 2 sekunder (Baddeley, 1990). Effektiviteten af denne type opgaveløsning bliver nedsat, hvis forsøgspersonen under opgaveløsningen bliver udsat for stemmer, som er uvedkommende for opgaveløsningen. Stemmer synes at påvirke effektiviteten i udførelsen af kognitivopgaver i særlig grad, for når forsøgspersonen bliver udsat for andre typer lyde (fx høje pludselige lyde, ikke-stemme støj, instrumentalmusik), er der ikke betydelige skadelige påvirkninger.

Uvedkommende stemme effekt opstår uafhængigt af om de ord, der skal indlæres, præsenteres visuelt eller auditivt, og uanset hvornår de uvedkommende stemmer præsenteres (under indlæringen eller i vedligeholdelsesperioden), og uanset om den uvedkommende stemme har betydningsfuld oplysning, uanset om den uvedkommende stemme afspilles forlæns eller baglæns, og uanset om forsøgsperson forstår sproget som tales med den uvedkommende stemme eller ej (Baddeley, 1990; Gisselgard, Petersson, Baddeley, & Ingvar, 2003).

Uvedkommende stemmer belaster opgaveløsning på to måder: Belastning af kapaciteten af korttidshukommelsen af fonologiske oplysninger og belastning af arbejdshukommelsessystemets styring. Alle lydstimuli med samme akustiske karakteristik som stemmer bliver omkodet fonologisk i menneskes hjerne. Lydstimuli af denne type bliver dermed automatisk optaget i korttidshukommelsen af fonologiske oplysninger, som menes at sidde i den posteriore del af STS i den venstre hjernehalvdel (Wise et al., 2001). Korttidshukommelsen af fonologiske oplysninger er en del af arbejdshukommelsessystemet, som bruges i alle kognitive opgaveløsninger, og som har en begrænset kapacitet. Uvedkommende stemmer bliver optaget i denne korttidshukommelse af fonologisk oplysninger i konkurrence med fonologiske oplysninger relevante for opgaveløsningen, og dermed belastes opgaveløsningen. (Baddeley, 1990). Uvedkommende stemme belaster også arbejdshukommelsessystemets styring, som menes at sidde på den dorsolaterale prefrontale cortex (pandelappen). En undersøgelse (Gisselgard, Petersson, & Ingvar, 2004) har vist, at dette område har højere aktivitet under uvedkommende stemme. Derfor belaster uvedkommende stemme ikke kun opgaver, der primært bruger korttidshukommelse af fonologisk oplysninger som seriel genkaldelse.

Uvedkommende stemme effekt er relevant for arbejdsmiljøet på kontorer. Banbury og Berry (1998) undersøgte effekten af uvedkommende stemme på to kognitivopgaver, som mere direkte er relateret til kontorarbejde, nemlig hovedregning og sætningsgenkaldelse, i hvilke forsøgspersonen skal indlære tekst i 5 min. og skal gengive teksten så godt som muligt. Kontorstøj uden stemmer

havde skadelige effekt på hovedregning, men ikke på sætningsgenkaldelse. Kontorstøj med stemmer havde skadelige effekter både på hovedregning og sætningsgenkaldelse. Effekter af kontorstøj med stemme på disse opgaveløsninger afhang *ikke* af om forsøgsperson forstod sproget, der blev talt af den uvedkommende stemme, eller ej, eller om sætningerne var meningsfyldte eller ej.

Jones og MacKen (1995) undersøgte sammenhængen mellem arbejdsmiljø og kontorstørrelse. Der blev undersøgt uvedkommende stemme effekt ved at variere antallet af stemmer. Når antallet af uvedkommende stemmer, der kommer fra den samme retning, øges fra 1 til 6, svækkedes effekten. Derimod var der større uvedkommende stemme effekt, når der var 6 stemmer, der kom fra 6 forskellige retninger, end når der var én stemme fra én retning. En anden undersøgelse (Ellermeier & Hellbruck, 1998) viste, at uvedkommende stemme effekt svækkedes, når der var tilføjet lyserød støj¹. Jo lavere forhold mellem tale og støj, desto mindre var uvedkommende stemme effekt. Ellermeier og Hellbrück (1998) mener, at de 6 stemmer fra den samme retning i Jones og MacKen (1995) fik lignende akustisk karakteristikkere som stemme præsenteret sammen med lyserød støj. Disse resultater har direkte betydning for arbejdsmiljøspørgsmål i kontorer. Uvedkommende stemme effekt vil være stærkest i kontorer med mellem størrelse, hvor forskellige stemmer kommer fra forskellige retninger. Uvedkommende stemme effekt vil være mindre i storrumskontorer, hvor stemmer bliver en baggrundssummen af stemmer, så den enkelte stemme ikke kan identificeres.

Er det kun stemmer, der kan give denne effekt? Dette spørgsmål har været debatteret inden for forskningstraditionen af uvedkommende stemme effekt. Diskussionen er blevet foretaget hovedsageligt fra synspunktet af laboratorieforskere, som eksponerer forsøgspersoner for arbitrært genererede lyd stimuli. Mere specifikt har forskerne spurgt: Er der ikke-stemme lyd stimuli, der også kan forårsage en effekt tilsvarende til uvedkommende stemme effekt? Resultaterne tyder på, at visse ikke-stemme lyde, f.eks., *sine-wave* tale (Tremblay, Nicholls, Alford, & Jones, 2000) og udbrud af bredbåndsstøj med skiftende centerfrekvens (Tremblay, MacKen, & Jones, 2001) kan have den samme effekt som stemmer. Det er således kun visse akustiske karakteristikkere af stemmer (dvs. *changing state*), der er afgørende for at have uvedkommende stemme effekt. Der skal dog lægges mærke til, at diskussionen om stemmer er specielle lyd stimuli *ikke* er blevet foretaget ud fra et økologisk synspunkt, hvor stimuli bliver analyseret i sammenhæng med de naturlige omgivelser. Selv om det er muligt inde i laboratoriet at eksponere forsøgspersoner for en teknisk fremstillet ikke-stemme lyd stimulus, der forårsager en effekt svarende til uvedkommende stemme effekt, er det vigtigt at spørge, om man ude i de naturlige omgivelser bliver udsat for en sådan kunstig stimulus. I naturlige omgivelser er det stadigvæk overvejende kun stemmer, der kan forårsage uvedkommende stemme effekt.

Stemmers effekter på arbejdsmiljø

Udredningen har vist, at stemmer påvirker menneskers hjerne på en særlig måde i forhold til andre lyde fra menneskelig aktivitet: Udsættelse for stemmer med emotionelle betoning alene kan forårsage en emotionel belastning, og udsættelse for uvedkommende stemmer belaster kognitiv opgaveløsninger. Stemmer bør behandles særskilt i undersøgelser af støj fra menneskelig aktivitet i arbejdsmiljøet.

Effekter af generende støj på arbejdspladsen

¹ Særlig type støj, hvor frekvensspektret er vægtet med den inverse frekvens, dvs. de dybe frekvenser (lave toner) er vægtet højere end de høje frekvenser (høje toner).

De studier nævnt herover dokumenterer, at lyd har psykologiske og fysiologiske effekter, og at disse effekter er mindre afhængige af lydens akustiske egenskaber, men meget af afhængig af processer i vores hjerne. Det forklares også, hvorfor menneskestemmer er en særlig type lyd, som vi er særligt indrettet til at modtage og reagere på. Selvom ovennævnte undersøgelser dokumenterer basale effekter af lydpåvirkninger, så viser de ikke samspillet mellem støj og de andre påvirkninger, som findes i virkelighedens arbejdsmiljø. For at gøre dette kræves økologisk valide undersøgelser, fx arbejdspladsundersøgelser (feltundersøgelser) eller evt. laboratorieundersøgelser med forsøgsbetingelser, der er realistiske i forhold til arbejdsmiljøet.

Betydningen af forskellige akustiske og ikke-akustiske forhold for effekterne af generende støj i arbejdsmiljøet er blevet resumeret i en rapport fra 1999 fra det svenske Arbetslivsinstitut (Landström et al., 1999). Rapporten kan downloades gratis fra Arbetslivsinstitutets hjemmeside². Her skal først kort resumeres de væsentligste udsagn og konklusioner fra denne rapport, og dernæst vil blive gennemgået en række nyere studier, der supplerer den nævnte rapport.

Akustiske forholds betydning

Landström gennemgik i ovennævnte rapport de akustiske forholds betydning for følelsen af at blive generet af støj (Landström, 1999). Der er en vis sammenhæng mellem gennemsnitligt lydniveau (i dB) og følelsen af at være generet af lyd. Der er dog ret stor interindividuel variation. I en undersøgelse af 439 personer fra forskellige arbejdspladser (kontorer, laboratorier, industri) fandt man, at gennemsnitligt 10% af de adspurgte følte sig "temmelig generet" (*rather annoyed*) af støj ved lydniveauer på gennemsnitligt 50 dB(A) og at antallet steg med ca. 1.5% for hver dB op til 75 dB(A) (Landström et al., 1995). Der findes derfor personer som er genereret af støj allerede ved relativt lave objektive lydniveauer.

Der var ingen signifikant forskel på associationen mellem lydniveauer og gener for grupper udsat for primært lavfrekvent støj (<200 Hz), støj i det mellemfrekvente område (200-2000 Hz) eller primært højfrekvent støj (>2000 Hz) (Landström et al., 1995).

Støj bestående af toner (lyd i snævert frekvensbånd) er mere generende end støj med et bredt frekvensspektrum, særligt højfrekvente toner er generende (Landström, 1999). Intermittente lyde opleves generelt som mere generende end kontinuerlige lyde.

Ikke-akustiske forholds betydning

Det formodes, at lydniveauet beskriver i størrelsesordenen 25% af variationen i støjgener (Kjellberg, 1999). Andre akustiske egenskaber ved støjen, fx dem nævnt herover, kan bidrage med lidt mere til den forklarede variation, men konklusionen er, at de ikke-akustiske faktorer formodentlig har en større betydning for støjgener end akustiske faktorer (Kjellberg, 1999).

Kjellberg et al. (1996) analyserede årsagerne til støj-relateret gene (*annoyance*), distraktion og uspecifikke symptomer såsom træthed, hovedpine etc. Undersøgelsen inkluderede forskellige typer arbejdspladser indenfor kontorer, laboratorier og industri, hvor støjniveauet var lavere end 85 dBA. En mere detaljeret analyse af støjen og støj-kilderne i denne undersøgelse findes i artiklen af Landström et al. (1995).

Gene-indeks	Distraktionsindeks
-------------	--------------------

² Webadresse: <http://www.arbetslivsinstitutet.se/publikationer/ah/ah.asp>

Støjniveau	Lav forudsigelighed og lav kontrol (psykosociale arbejdsmiljøfaktorer)
Tilstedeværelsen af forebyggelsesmuligheder	Tilstedeværelsen af egne maskiner/apparater
Tilstedeværelsen af andres maskiner/apparater	Tilstedeværelsen af samtale
Forringet hørelse	Tilstedeværelsen af telefoner, der ringer
Køn (kvinder>mænd)	Arbejdstidens længde
Kedelig arbejdsopgave	<u>Støjfølsomhed</u>
Type arbejdsplads (laboratorier>industri>kontor)	
<u>Støjfølsomhed</u>	

Tabel 1. Faktorer, der har betydning for hhv. gene- og distraktionspåvirkning pga. støj i undersøgelsen af Kjellberg et al., 1996. Faktorer, der er fælles for både gene og distraktion er understregede.

Man fandt kun en marginal og ikke-signifikant ($P < 0.08$) association mellem et symptomindeks baseret på træthed, koncentrationsbesvær, irritabilitet og nervøsitet og forskellige støj mål, inklusive objektive lydniveauer.

Statistisk analyse af gene- og distraktionsindekser baseret på spørgeskemabesvarelsener viste, at disse effekter var forårsaget af to næsten helt forskellige sæt faktorer (se Tabel 1). Gene pga. støj afhang primært af støjniveauet med støjfølsomhed som den næstvigtigste faktor. Oplevelsen af at støjen kan forebygges (rapportering om at forebyggelsesmuligheder eksisterer) fører til et højere gene-indeks, og ligeledes hvis arbejdsopgaverne opleves som kedelige. Støj fra andres maskiner eller apparater opfattes også som generende (Tabel 1).

Distraktionsindekset afhænger primært af forudsigelighed af lyden, efterfulgt af kontrol og støjfølsomhed. Støjfølsomheden er af væsentlig mindre betydning for distraktion end for gene. Længere arbejdstid øger oplevelse af distraktion, hvilket tyder på at man ikke vænner sig til den generende støj (habituerer).

Telefoner, der ringer, og andres samtale blev identificeret som konkrete lydkilder, der er særligt distraherende. Som beskrevet i afsnit 6.3 er der solid teoretisk og eksperimentel begrundelse for, at tale virker distraherende pga. stemmes særlige effekter på menneskers hjerneaktiviteter. Graden af forstyrrelse pga. af andres tale afhænger af de aktiviteter man er i gang med, og mindre af lydniveauet. Særligt forstyrres håndteringen af verbal information (Kjellberg, 1999), hvilket er i overensstemmelse med de psykologiske studier af stemmers indflydelse på kognitive opgaver diskuteret i afsnit 6.3.

I Tabel 1 forbliver en uforklaret signifikant forskellighed i rapportering af støjgener mellem de tre typer virksomheder, der er blevet undersøgt, med forholdsvis flere støjgener i laboratorier. Fra studier af trafikstøj ved man, at holdninger til støj kilder kan påvirke i hvor høj grad man føler sig generet af støjen. Dette er dog ikke særligt godt belyst i arbejdsmiljøssammenhænge. Der er indikationer i litteraturen af, at holdning og attitude til andre aspekter i arbejdsmiljøet påvirker den oplevede gene pga. støj (Kjellberg, 1999). En anden forklaring på virksomhedsforskellene kan være forskellen i aktiviteter. Jo mere kognitivt komplicerede opgaver man udfører, jo mindre er ens tolerancetærskel overfor støj. Jo mere engageret man er i ens arbejdsopgave, jo mindre forstyrrende er støj. Studier tyder også på, at jo højere position man har på et kontor, jo mere føler man sig forstyrret af støj. Dette fortolkes således at personer med høj position arbejder med mere komplekse opgaver end andre ansatte, og dermed er mere følsomme over for støj. Aktiviteter der synes særligt følsomme over for støj er regning og håndtering af verbal information, fx tekstforståelse og gengivelse af tekstindhold.

Man har observeret sen-effekter af støj i form af nedsat motivation. Dette tolkes således, at støj ikke altid påvirker hvor *godt* man udfører en bestemt opgave, men i stedet *hvordan* man udfører

den. Med andre ord, så kræver det en ekstra kognitiv indsats at modvirke støjens forstyrrende virkninger, hvilket kan føre til øget træthed og nedsat motivation til at gå i gang med nye aktiviteter efter støjudsættelsen er ophørt (Kjellberg, 1999).

Nyere undersøgelser af non-auditive effekter af støj

Oversigt over de udvalgte undersøgelser

De undersøgelser, der diskuteres herunder, er valgt således, at de supplerer ovenstående gennemgang af rapporten om generende støj fra Arbejdstlivsinstituttet (Landström et al., 1999). På nær ét er alle studierne derfor publiceret efter 1999. Undtagelsen er BUPL undersøgelsen fra 1998, som er taget med, fordi den ikke er citeret i rapporten fra Arbejdstlivsinstituttet, og fordi den er af særlig relevans til det danske arbejdsmiljøforhold, da den er udført i Danmark. Fokus er lagt på arbejdspladsundersøgelser, men laboratorieundersøgelser er inkluderet såfremt at problemstillingen klart udspringer af en arbejdsmiljøsammenhæng. Kun studier af støj i ikke-industrielle sammenhænge er blevet udvalgt. Denne afgrænsning er blevet valgt frem for støj fra ”menneskelig aktivitet”, da det sidstnævnte begreb ikke anvendes i støjlitteraturen. Man finder fx ikke relevante artikler ved at søge på kombinationen af ”noise” og ”human activities” i litteraturlæsebasen PubMed. Studier af musik og musikeres arbejdsmiljø ikke inkluderet, da dette emne behandles andet sted i nærværende udredningsrapport. Gennemgangen fokuserer på forskellige typer effekter: Distraktion og gene, symptomer (herunder træthed), stress, og endelig påvirkning af opgaveløsninger. Undersøgelser vedrørende vekselvirkningen mellem støj og andre indeklimapåvirkninger rapporteres også.

Hovedparten af studierne har haft fokus på kontorarbejds miljøet (n=7). To studier har drejet sig om arbejdsmiljøet på intensivafdelinger på hospitaler, og 3 studier har været om arbejdsmiljøet på skoler/børneinstitutioner. Selvom nedenstående gennemgang ikke omfatter al litteratur udgivet på området, så giver denne fordeling alligevel et fingerpeg om, at mest forskning i ”generende støj” i arbejdsmiljøet er udført med fokus på kontorarbejdspladser. Nedenstående tabeller giver en oversigt over de udvalgte studier.

Undersøgelse	Undersøgt(e) gruppe(r) (design)	Antal personer og køn	Målt gennemsnitligt lydniveau	Effekter af støj
BUPL (1998)	69 skolefritidsordninger, 52 børnehaver, 49 vuggestuer	N=391 pædagoger	82.2 ± 2,2 dBA (SFO) 80.3 ± 2.2 dBA (børnehaver) 80.7 ± 2.8 dBA (vuggestuer)	Henholdsvis >80%, 75.6% og 55.6% af pædagogerne i SFO, BH eller vuggestuer oplever ofte støj. Ingen klar sammenhæng mellem andel, der føler sig påvirket af støj, og objektive lydniveau, undtagen ved lydniveauer >85 dBA.
Söderberg et al. (2001)	4 børnehaver (tværsnitsundersøgelse)	N=62 (55 kvinder)	75.9 dB(A) (67.8 – 82.0 dB(A)) (personbårne dosimetre. Bidrag fra egen tale <5 dBA)	Signifikant korrelation mellem oplevet træthed pga. støj og målt lydniveau. Næsten signifikant sammenhæng mellem oplevet forstyrrelse pga. lyd og målt lydniveau.
Morrison et al. (2003)	Intensivafdeling på børneafdeling (tværsnitsundersøgelse)	N=11 sygeplejersker	60.6 dB(A) (dag: 61.2 dB(A); nat: 58.8 dB(A))	Puls og brøkdelt af tid med forhøjet puls (tachycardia, puls>100 BPM) øges signifikant med lydniveauet. Selvvurderet stress og gene (<i>annoyance</i>) også signifikant positiv afhængighed af støjniveau.
Leather, Beale & Sullivan (2003).	Kontor, offentlig (tværsnitsundersøgelse)	N=128 (44% mænd)	55 dB	Lavere jobtilfredshed, lavere engagement og flere symptomer i gruppe med højt stress- og støjniveau. Ingen effekt af støj alene.
Banbury og Berry (2005)	To storrums-kontorer (tværsnitsundersøgelse)	N=88 (65% mænd)	Ej rapporteret.	82% rapporterede om nedsat koncentration fra mindst 3 af 8 nævnte lydkilder. Stærkest distraherende var telefoner der ringer uden at blive taget, mennesker der taler sammen, andres telefonsamtaler, og telefoner der ringer.
Blomkvist et al. (2005)	Intensivafdeling på hjerteafdeling (intervention)	N=36 sygeplejersker (morgen-, eftermiddags- og aften-skiftehold)	50-56 dB(A)	Formindsket efterklangtid og forbedret taleforståelse (målt) ved udskiftning af lydreflekterende loftbeklædning med lydabsorberende materiale. Signifikant nedsættelse af akkumuleret vurdering af krav og pres hos eftermiddags-skiftet, samt signifikant mindre anspændthed (<i>strain</i>) hos alle grupper.

Tabel 2. Oversigt over arbejdspladsundersøgelser, der diskuteres i dette kapitel.

Undersøgelse	Antal personer og køn	Typen af støj (gns. lydniveau)	Effekter af støj
Evans & Johnson (2000)	40 kvinder (gennemsnitsalder 36.5 år)	Blandet kontorstøj (55 dBA)	Ingen effekter af støj på præstation i tekstindtastningsopgave eller selv vurderet stress. Højere udskillelse af adrenalin, mindre anvendelse af ergonomiske justeringsmuligheder, og nedsat motivation efter forsøget under støj.
Hygge og Knez (2001).	64 mænd og 64 kvinder (18-19 år)	Ventilationsanlæg (58 dBA)	Øget hastighed og nedsat akkuratease i test følsom for opmærksomhed under støj. Støj nedsatte langtidshukommelse ved 27 °C men ikke ved 21°C. Støj forbedrede korttidshukommelsen ved lav belysning (300 lx) men forværede den ved god belysning (1500 lx). Ingen effekt af støj på visuel kognitiv opgaveløsning.
Knez og Hygge (2002)	48 mænd og 48 kvinder (alle 18 år)	Teenagerkonversation, baggrundstale (66 dBA)	Dårligere langtidshukommelse under støj. Ingen effekt af støj på korttidshukommelse, visuel kognitiv opgaveløsning.
Waye et al. (2002).	19 kvinder og 13 mænd (gennemsnitsalder 23.3 år)	Lavfrekvent (40 dBA) sammenlignet med referencestøj (40 dBA)	Nedsat præstation i 2. halvdel af forsøget i verbal grammatisk ræsonneringsopgave under støj. Ingen effekt af støj på test relateret til opmærksomhed, bortset fra færre antal linier nået i korrekturlæsningsopgave. Lavfrekvent støj blev vurderet mere generende og mere hæmmende på præstationsevnen, men mindre stressende end referencestøj. Forøget kortisoludskillelse hos støjfølsomme personer.
Bengtsson et al., (2004).	28 kvinder (gennemsnitsalder 24.6 år)	Lavfrekvent (45 dBA) sammenlignet med referencestøj (45 dBA)	Dårligere præstationer under støj, særligt i 2. halvdel af forsøget, i test af opmærksomhed. Ingen effekt af støj på motivation eller selvrapporteret præstation. Ingen effekt på kortisol.
Witterseh et al. (2004)	16 mænd og 14 kvinder (18-29 år)	Blandet kontorstøj (55 dBA)	Ingen effekt af støj på de fleste indeklimasyntomer, undtagen reduceret "evne til at tænke klart". Træthed var øget og selv vurderet koncentrationsevne forringet under støj. Ringere præstationer i additionstest, men bedre præstationer i tekstindtastning og korrekturlæsning under støj. Ingen effekter af støj på selv vurderet præstationsevne.

Tabel 3. Oversigt over laboratoriestudier, der diskuteres i dette kapitel.

Oplevet gene og distraktion

Betydningen af lydens uforudsigelighed for distraktion (Tabel 1) bekræftes af resultaterne i den nyligt publicerede undersøgelse Banbury og Berry (2005) (se Tabel 2). I undersøgelsen blev spurgt til, hvor meget koncentrationen blev forstyrret af 8 forskellige lydkilder³. Resultaterne viste, at 99% rapporterede nedsat koncentration til en vis grad fra mindst én af de 8 nævnte støjklender, og 82% rapporterede, at deres koncentration var reduceret pga. 3 eller flere støjklender. De mest distraherende støjklender var telefoner, der ringer uden at blive taget, andres samtaler, andres telefonsamtaler, og telefoner der ringer, hvilket svarer til resultaterne for distraktion i ovennævnte undersøgelse af Kjellberg et al. (1996). Telefoner, der ringer uden at blive taget (dvs. på tomme kontorpladser), var signifikant mere distraherende end telefoner, der ringer i øvrigt. Andre væsentlige distraktionsklender var bevidstheden om, at andre kunne høre ens telefonsamtaler og samtaler med kollegaer. Mindst distraherende var støj udefra, og støj fra skrivemaskiner/tastatur og computere. Der var en signifikant positiv sammenhæng mellem position i virksomheden og den rapporterede grad af distraktion. Ligesom i Kjellberg et al.'s undersøgelse nævnt tidligere var der ingen tegn på, at man vænnede sig til støjen (habituering), idet man rapporterede om mere distraktion pga. støj jo længere tid man var på arbejde.

³ Telefoner der ringer; telefoner der bliver ved at ringe på kontorpladser hvor der ingen er; andres telefonsamtaler; printere; skrivemaskiner og tastaturer; computere; ydre klender; andre mennesker der taler.

Gene pga. støj og træthed var de to vigtigste mål i en svensk undersøgelse af lydmiljøet i 4 børnehaver (Tabel 2). Lydniveauer blev målt med personbårne dosimetre over en hel arbejdsdag. Med hensyn til gene var den gennemsnitlige vurdering af lydniveauet, at det var mellem ”ganske” og ”meget generende” (”störande”). Børns leg/støj blev oplevet som den mest generende lyd (rapporteret af 90 %) efterfulgt af telefoner (27%). Der var en næsten signifikant positiv korrelation ($p = 0.056$) mellem den oplevede gene pga. af støj og det målte lydniveau. Et flertal af de ansatte rapporterede, at de havde ingen eller kun ganske lidt kontrol over lyden (82%), og ingen eller kun meget ringe muligheder for at slippe for støjen (66%), og der efter deres mening kun var få muligheder for at reducere støjniveauet (81%). Med hensyn til træthed⁴ var vurderingen, at lydniveauet var ”meget trættende”. Der var en signifikant positiv sammenhæng mellem den rapporterede træthed pga. støj og det målte støjniveau.

Den meget udbredte gene hos pædagoger pga. støj genfindes i en tidligere, men større, undersøgelse af danske børnehaver, vuggestuer og skolefritidsordninger (SFO) publiceret af BUPL (se Tabel 2). De gennemsnitlige støjniveauer var betragteligt højere end i den svenske undersøgelse (Tabel 2). Der findes ingen markant sammenhæng mellem objektivt målt lydniveau og andelen af pædagoger, der føler sig påvirket af støj, undtagen i institutioner med meget høje lydniveauer (>85 dBA).

Symptomer

I de svenske undersøgelser i 4 børnehaver nævnt herover (Söderberg et al., 2001) rapporterede 37% af de ansatte om næsten daglig træthed i ørene, 36% om næsten daglig træthed, og 35% om næsten daglig stress. Spørgeskemabesvarelsenerne om forskellige symptomer blev brugt til at lave et ”nedslidningsindeks” baseret på psykologiske symptomer (stress, træthed, anspændthed, ulyst, irritation osv.) og et fysisk ”besværsindeks” baseret på somatisk besvær (hovedpine, trykken over brystet, ømhed eller anspændthed i skulder og nakke, susen for ørene osv.) Ingen af disse indeks viste en signifikant sammenhæng med objektive mål for udsættelsen støj, så som det målte lydniveau eller antallet af børn. Der var en signifikant positiv korrelation mellem nedslidningsindekset og gene pga. støj. Man skal dog være varsom med at fortolke korrelationer mellem to selvrapporterede variable.

I ovennævnte undersøgelse af danske SFO, børnehaver og vuggestuer publiceret af BUPL (Tabel 2) rapporteres det, at man finder relativt flere med lægekonstateret og støjrelateret lidelse blandt de pædagoger, der arbejder på de 7 institutioner med højest støjbelastning (>85 dBA). Rapporten nævner dog ikke, om denne forskel er signifikant.

Leather et al. (2003) fandt en signifikant vekselvirkning mellem stress og støj i kontormiljø mht. symptomer: Hos personer med lav stressniveau, havde støjniveauet ingen effekt på rapporteringen af symptomer, hvorimod hos personer med højt stressniveau, var der flere rapporterede symptomer hos dem med højt støjniveau end hos dem med lavt støjniveau.

I den laboratoriebaserede undersøgelse af Witterseh et al. (2004) (detaljeret beskrivelse kommer senere) blev støj og temperaturens betydning for bl.a. indeklimarelaterede symptomer undersøgt. Simuleret storrumskontorstøj (55 dBA) medførte en lavere score i vurderingen af indeklimaet, og at forsøgspersonerne vurderede, at de var dårligere til at tænke klart, koncentrere sig og at de følte sig mere trætte. Generelt var indeklimavurderinger og symptomer dog stærkere relateret til temperaturen end til baggrundsstøjen.

I et forsøg med lavfrekvent støj (ventilationsanlæg) rapporterede forsøgsparticipanterne om signifikant mere irritation efter forsøget med lavfrekvent støj i forhold til forsøget med støj med

⁴ Det træthedsmål der diskuteres her er ”træthed pga. støj”, hvilket i denne sammenhæng behandles som et mål relateret til gene. Træthed som besværs-mål blev også undersøgt og diskuteres under symptomer.

fladt frekvensspektrum (Bengtsson et al., 2004). Der var ingen forskelle mht. andre symptomer såsom hovedpine, træthed, manglende koncentrationsevne, søvnighed og resignation.

Stress

Baggrundsstøjen er ofte blevet nævnt som en årsag til stress hos de ansatte. Formålet med den for nyligt publicerede undersøgelse af Blomkvist et al. (2005) var at afdække de akustiske forholds betydning for det psykosociale arbejdsmiljø hos sygeplejersker på en intensivafdeling tilhørende hjerteafsnittet på et hospital. Undersøgelsen strakte sig over 3 perioder. I hovedundersøgelsens to sidste perioder blev loftsbeklædningen skiftet ud i to trin. I første trin blev den skiftet ud med et lydreflekterende materiale. I de efterfølgende 20 arbejdsdage blev information om psykosociale faktorer opsamlet for alle arbejds-skifter vha. spørgeskemaer. Derefter blev loftsbeklædningen udskiftet med lydabsorberende materiale, og ligesom i forrige periode blev der indsamlet information om psykosociale forhold. Spørgeskemaer blev udfyldt af deltagerne i starten og i slutning af et skift. Effektmålet var forskellen mellem slut- og startscoren, kaldet delta-værdien. Deltaværdien afspejler således den akkumulerede effekt af de akustiske forhold. Pga. interventionens natur kunne deltagerne i undersøgelsen naturligvis ikke være ”blindede” med hensyn til karakteren af ændringerne, og dette må tages med i vurderingen af undersøgelsens resultater. Støjniveauer, efterklangtid, lydudbredelse og taleforståelse (RASTI = Rapid Speech Transmission Index) blev målt i repræsentative lokaler i begge perioder.

De akustiske målinger viste klart forbedret akustik ved indførelse af det lydabsorberende loftsmateriale. De statistiske analyser af effekterne viste en signifikant vekselvirkning mellem arbejds-skifte og loftsbeklædning for (delta) krav og pres. For eftermiddagsskifteholdet var der et signifikant fald i oplevede (delta) krav og oplevet (delta) pres ved udskiftning af loftsmaterialet til lydabsorberende materiale. Anspændthed (delta-værdi) faldt for alle tre arbejds-skiftehold ved skift fra lydreflekterende til lydabsorberende loftsmateriale. Forfatterne foreslår, at en mulig forklaring på, at de mest markante positive effekter af udskiftningen ses hos eftermiddagsskifteholdet kunne være, at eftermiddagen er den mest støjende periode på dagen pga. familiebesøg til patienterne om eftermiddagen.

En intensivafdeling på et hospital var også i fokus i en mindre undersøgelse af Morrison et al. (2003). Deltagerne i undersøgelsen var 11 sygeplejersker på en intensivafdeling i et børneafsnit på Johns Hopkins Hospital i Baltimore, USA. Formålet var, som i førnævnte undersøgelse af Blomkvist et al., at undersøge stressrelaterede effekter af støj. Hver deltager blev udstyret med en Holtermontor til måling af hjerteaktiviteten og en lydmåler. Derefter fulgte deltagerne deres normale rutiner i en periode på 3 timer. Før dette, og med en halv times mellemrum i arbejdsperioden, udfyldte hver deltager et spørgeskema med spørgsmål om stress og gener. Efter arbejdsperioden udfyldte deltageren et spørgeskema angående deres opfattelse af støjen på afdelingen. Under arbejdsperioden noterede en observatør antallet af patienter i det rum som deltageren arbejdede i, en score som udtrykker risikoen for at patienten kan dø (PRISM = Pediatric Risk of Mortality Score), samt afdelingens samlede patienttal i arbejdsperioden. Effektmål var selvrapporteret stress og gene, amylaseaktivitet i spytsprøver, samt puls, procent af tiden med tachycardia (dvs. høj puls, defineret som >100 slag/min) og antallet af ektopiske⁵ perioder. Alle fysiologiske mål blev opgjort for ½-times intervaller for at kunne sammenholde dem med spørgeskemabesvarelsene.

Højere støjniveau var associeret med højere gennemsnitspuls (½ times interval), længere tid i tachycardia, højere stress rating og højere vurdering af gene i multipel lineær regression efter

⁵ Hjerteslag uden for den normale (sinus-)hjerterytme.

kontrol for diverse konfunderende variable, såsom erfaring i arbejdet, arbeidsskifte (dag- eller natthold) og kaffeindtagelse.

Associationen mellem støj og stress er også blevet undersøgt i laboratorieundersøgelser. Evans og Johnson (2000) gennemførte et studie med en simuleret storrumskontormiljø med deltagelse af 40 kvinder, alle med erfaring inden for kontorarbejde. Alle udførte en simuleret kontorarbejdsdag bestående af blandede opgaver, hovedsageligt tekstindtastning afbrudt af diverse mindre, men realistiske opgaver, samt af pauser. Halvdelen udførte "arbejdsdagen" med en baggrundsstøj, der simulerede støjen fra et storrumskontor (samtalesekvenser, telefoner der ringer, skuffer der trækkes ud og skubbes i osv.) med en gennemsnitlig intensitet på 55 dB(A) med toppe på op til 65 dB(A). Den anden halvdel (kontrolgruppen) udførte arbejdsdagen uden den simulerede storrumskontorstøj. Effektmålene var præstation i tekstindtastning, oplevet stress, og fysiologiske mål for stress (udskillelse af adrenalin, noradrenalin og kortisol i urin) og motivation efter "arbejdsdagen". Under forsøget blev forsøgspersonerne observeret af træned observatører, der noterede, hvor mange gange forsøgspersonen justerede et af otte tilgængelige arbejdsredskaber⁶.

Man fandt ingen forskel mellem de to grupper med hensyn til oplevet stress eller præstation i tekstindtastningsopgaven. Man fandt heller ingen forskel i udskillelsen af noradrenalin eller kortisol i urin. Derimod observerede man, at personer, der havde arbejdet i baggrundsstøjen, havde en signifikant større udskillelse af adrenalin. Samme gruppe havde også et signifikant lavere motivations indeks efter forsøget. Under forsøget havde denne gruppe desuden et markant og signifikant lavere antal justeringer af arbejdsredskaberne. Forfatterne fandt endvidere en signifikant korrelation mellem adrenalinniveauet og det oplevede støjniveau, adrenalinniveauet og justeringer af arbejdsredskaber, og en negativ korrelation mellem adrenalinniveauet og præstationen i tekstindtastningsopgaven (ord/minut). Endvidere fandt de en signifikant positiv korrelation mellem kortisolniveauet og oplevet stress, og mellem kortisol og procent fejl i tekstindtastningsopgaven. Forfatterne konkluderer, på trods af at selvrapporteret stress ikke afveg mellem de to grupper, så indikerer de fysiologiske mål, motivationsmål og observationerne af forsøgspersonerne, at stressniveauet er forøget under arbejde i støj fra et storrumskontor.

Lavfrekvent ventilationsstøj som stressor er blevet studeret af hhv. Wayne et al. (2002) og Bengtsson et al. (2004) i laboratoriet. Eksponeringen var ventilationsstøj forstærket i det lavfrekvente område 31.5-125 Hz, hvilket blev sammenlignet med en referencesituation, hvor forsøgsparticipanterne blev udsat for ventilationsstøjen uden forstærkning, dvs. ventilationstøj med et fladt frekvensspektrum. I det første studie (Wayne et al., 2002) undersøgte man forsøgsparticipanternes reaktioner på lavfrekvent støj, når de udførte kognitivt krævende opgaver (Tabel 3), mens man i det andet studie (Bengtsson et al., 2004) undersøgte reaktionerne, når forsøgsparticipanterne udførte kognitivt mindre krævende opgaver (Tabel 3). Den sidste situation svarer til rutinelignende overvågnings- og kontrolopgaver. I det første forsøg (Wayne et al., 2002) fandt man en signifikant reduceret dagrytme i kortisol hos støjfølsomme personer, efter at de havde været udsat for lavfrekvent støj (kortisolniveauet var forhøjet i længere tid). Forsøgsparticipantere, der var følsomme overfor lavfrekvent støj, rapporterede om mere stress end de andre forsøgsparticipantere. Generelt blev der dog rapporteret om højere stressniveauer under forsøget med referencestøj (Wayne et al., 2002). I det efterfølgende studie med relativt lette opgaver observerede man ingen signifikant effekt af lavfrekvent støj på kortisolniveauet eller selvvalueret stress (Bengtsson et al., 2004).

I en feltundersøgelse fra 2003 undersøgte Leather et al. vekselvirkningen mellem psykosociale belastninger på arbejdet (høje krav/lav indflydelse) og støj. Effektmål var jobtilfredshed, engagement i organisationen og helbred (Tabel 2). Undersøgelsen blev udført på to regeringskontorer i Midlands-området i England. De to grupper af ansatte fra hvert kontor var ens i demografiske

⁶ Stol, dokumentholder, skærm, tastatur, whiteboard, fodstøtte, tilstødende arbejdsbord, flytbart arkivskab.

karakteristika, bl.a. alder, anciennitet, og arbejdsopgaver. Der blev lavet individuelle støjmålinger ved alle de ansattes arbejdspladser. Information om psykosocial belastning på arbejdet, jobtilfredshed, engagement og helbred blev indsamlet vha. spørgeskemaer.

Man fandt ingen signifikant indflydelse af støj *alene* på hverken jobtilfredshed, engagement eller helbred. Derimod var der en signifikant vekselvirkning mellem (objektivt målt) støjniveau og psykosocial belastning for alle tre effektmål. For alle effektmåls vedkommende gav det sig til udtryk ved, at der ikke var nogen forskel i jobtilfredshed, engagement og helbred mellem de to grupper med høj og lav udsættelse for stresspåvirkninger, når deres støjniveau var lavt. Derimod var der forskel mellem de to grupper med høj og lav psykosocial belastning, når støjniveauet var højt. Gruppen med høj psykosocial belastning havde lavere score for jobtilfredshed og engagement og højere score for symptomer sammenlignet med gruppen med lav psykosocial belastning. Støj udviser med andre ord en rolle som moderator med hensyn til effekten af psykosocial belastning.

Forstyrrelse af opgaveløsning

Lydes forstyrrende effekt på kognitive funktioner er veldokumenteret i laboratorieforsøg (se afsnit 6.3), og formodes også at være af betydning i arbejdsmiljøet (Hughes og Jones, 2001). Undersøgelser af denne type effekter er imidlertid ikke udført som arbejdspladsundersøgelser, kun i laboratoriestudier hvor typen af opgaverne ofte er af begrænset relevans i arbejdsmiljøsammenhæng. Man skal derfor være påpasselig med at generalisere konklusionerne til arbejdsmiljøet (Kjellberg, 1999). Da der er evidens for, at effekten af generende støj er afhængig af kompleksiteten af opgaven, er diskussionen herunder delt op på henholdsvis kognitivt enkle og kognitivt komplekse opgaver. Det er klart at grænsen mellem enkle og komplekse opgaver vil være noget arbitrær. Som enkle opgaver anses fx tekstindtastning, simple hukommelsestests og reaktionstids- og opmærksomhedstests. For kognitivt krævende anses opgaver, der involverer verbale funktioner, såsom tekstforståelse, grammatiske opgaver, udførelse af logiske ræsonnementer osv. Talbehandling i hovedet, fx additionstest, anses også for at være en kompleks opgave.

Kognitivt enkle opgaver

I førnævnte undersøgelse af Evans og Johnson (2000) fandt man ingen effekt af støj fra storrums-kontor på præstationerne i tekstindtastningsopgaven. I laboratorieundersøgelsen af Witterseh et al. (2004) (nærmere beskrevet senere) fandt man endog et *højere* antal bogstaver tastet ind per minut i tekstindtastningsopgaven (dog kun i sidste del af forsøget). Den forbedrede præstationsevne i nogen af opgaverne fortolker forfatterne således, at forsøgspersonerne i det anstrengende miljø (dvs. med baggrundstøj fra storrumskontor) yder en ekstra indsats for at modvirke at blive distraheret, hvilket er i overensstemmelse med den forøgede rapportering af træthed. Lavfrekvent støj i de to ovennævnte studier af Waye et al. (2002) og Bengtsson et al. (2004) havde ingen effekt på forsøgsdeltagernes præstationer i en simpel reaktionstidstest eller en test af korttidshukommelsen. Derimod fandt Bengtsson et al. (2004) signifikant dårligere præstation i to enkle test for opmærksomhed, når de blev udført under påvirkning af lavfrekvent støj. Hygge og Knez (2001) fandt en signifikant påvirket præstation under lavfrekvent ventilationsstøj i en opmærksomhedsopgave. Hastigheden som forsøgsdeltagerne udførte opgaven med, var signifikant *forhøjet* ved udsættelse for lavfrekvent støj, men på bekostning af nøjagtigheden i opgavens udførelse. I et studie af irrelevant tale testede Knez og Hygge (2002) forsøgsdeltagernes langtidshukommelse (130 min) vedrørende en ny tekst. Genkaldelsen var signifikant dårligere, når læsningen foregik i støj sammenlignet med stilhed.

Kognitivt krævende opgaver

I førnævnte studie af Waye et al. (2002) fandt man signifikant forringede præstationer i kognitivt krævende opgaver, såsom korrekturlæsning og en verbal grammatisk ræsonnementsopgave, når forsøgsdeltagerne udførte dem, mens de var udsat for lavfrekvent støj. Witterseh et al. (2004) (nærmere beskrevet herunder) fandt, at antallet af additioner i en additionstest var signifikant ringere i støj. Antallet af fejl i additionstesten afhang af støj såvel som temperatur (se herunder). Præstationen i en korrekturlæsningsopgave målt som antal linier nået var derimod *bedre* under støj.

Kombineret effekt af støj og andre indeklimafaktorer

Witterseh et al. (2004) undersøgte effekten af simuleret baggrundsstøj fra et storrumskontor og temperatur, bl.a. på præstationerne i kognitivt krævende opgaver. Støjen vekselvirkede med de termiske betingelser for flere af opgaverne. Antallet af fejl i additionsopgaven var således *lavere* i støj ved intermediær og høj temperatur (hhv. 26 og 30°C), men *højere* i støj ved lav temperatur (22°C). I en opgave med kreativ tænkning var præstationen bedst ved den intermediære temperatur uden støj, og dårligst ved den høje temperatur i støj.

Hygge og Knez undersøgte effekterne af ventilationsstøj i kombination med temperatur og belysning (Hygge & Knez, 2001) og effekterne af irrelevant tale i kombination med belysning (Knez & Hygge, 2002). I førstnævnte studie fandt man med hensyn til langtidshukommelse en bedre genkaldelse ved det lave støjniveau sammenlignet med det høje støjniveau ved 27 °C, mens der ingen forskel var ved 21 °C (vekselvirkning mellem støj og temperatur). Der var også en signifikant vekselvirkning mellem støj og lys med hensyn til korttidshukommelse: Genkaldelsen var bedre ved 1500 lx end ved 300 lx i stilhed, mens der ingen forskel var ved 58 dB(A). I forsøget med irrelevant tale og belysning (Knez & Hygge, 2002) fandt man, ud over en negativ effekt af støj som nævnt tidligere, også en negativ effekt af koldt hvidt lys på langtidshukommelsen i forhold til varmt hvidt lys. Der var ingen interaktion mellem støj og belysning.

Diskussion

Oplevet gene og distraktion

Gene (engelsk, *annoyance*) er et begreb, som der ikke findes nogen præcis definition af, hvilket kan vanskeliggøre fortolkningen af målinger af denne parameter. I relation til udsættelsen for støj er gene blevet beskrevet som en mental tilstand, der måske bedst kan karakteriseres ved en mild form for vrede, der skyldes den fortræd (støj), man er ramt af, særligt hvis denne fortræd er både undgåelig og ufortjent (Stansfeld, 1992). Gene rapporteres ofte i sammenhæng med støjs forstyrrelse af igangværende aktiviteter (Stansfeld, 1992). Det kan derfor være vanskeligt at adskille oplevet gene og distraktion, idet distraktion meget vel kan ledsages af gene. I Kjellberg et al. (1996) fandt man at gene og distraktion var beskrevet af forskellige faktorer (Tabel 1), mens Boman og Enmarker (2001) med anvendelse af samme spørgeskema ikke fandt samme distinktion mellem gene og distraktion i et studie af skoleelevers støjmiljø.

Da gene nødvendigvis er selvrapporteret, risikerer man en ”selvopfyldelse” af hypoteserne (fx støj forårsager gener) i undersøgelser af effekter af støj. Studier af generende støj bør derfor så vidt muligt indeholde objektive mål for udsættelsen for støj samt objektive effektmål, der korrelerer med

gene (hvis gene er det primære effektmål). Det svækker også anvendelsen af gene som effektmål for støjudsættelse, hvis følelsen af gene, eller rapporteringen af denne, kan afhænge af irrelevante faktorer. Fx indikerer studier af trafikstøj, at individuelle holdninger til støjklenderne er væsentlige faktorer for både graden af oplevet gene og selvrapporterede fysiologiske effekter (Schulte-Fortkamp, 1999; Hatfield et al., 2001). Effekten af holdninger til støjklender eller andre aspekter i arbejdsmiljøet er ikke studeret systematisk, men de må formodes at have betydning (Kjellberg, 1999). Kjellberg et al. (1996) fandt fx at jo mere interessant man finder sine arbejdsopgaver, jo mindre var tendensen til at være generet af støj.

Selvom der dermed er vanskeligheder og forbehold i fortolkningen af støjrelateret gene, så må gene (og distraktion) siges at være meget direkte effekter af støj. Gene anses således for den mest udbredte og veldokumenterede effekt af støj i det ydre miljø (Stansfeld, 1992. Stansfeld og Matheson, 2003), og arbejdspladsundersøgelser indikerer, at støjrelaterede gener ligeledes er et udbredt problem på mange arbejdspladser i Danmark (fx Brauer & Mikkelsen, 2002; BUPL, 1998).

Validiteten af selvrapporteret gene som et mål for støjudsættelse understøttes for det første af, at man i flere undersøgelser finder en positiv korrelation mellem rapporteringen af gene og objektive mål for støjudsættelse (fx Kjellberg et al., 1996; Söderberg et al., 2001). Med hensyn til distraktion fandt Kjellberg et al. (1996), at lydniveauet ikke bidrog væsentligt til variationen i denne parameter (se Tabel 1). Dette kan forklares ved, at distraktion er baseret på et biologisk orienteringsrespons, idet orienteringsrespons netop udløses af lyde af lav intensitet, og derfor vil lydniveauet ikke være vigtigt for denne reaktion. Vigtigt for orienteringsresponsen er derimod kompleksiteten og nyhedsværdien i lyden (Öhman et al., 2000). En anden objektiv parameter, der forventeligt fører til øget gene pga. støj, er forringet hørelse (Tabel 1). Som nævnt i indledningen kan den hørehæmmedes taleforståelse påvirkes mere af støj end normalthørendes, og desuden kan den nedsatte hørelse forvrænge lydoplevelsen, således at lyde opleves mere ubehageligt og forstyrrende.

For det andet finder man en række psykologiske faktorer, som i overensstemmelse med de flestes erfaringer og forventninger spiller en rolle for gene og distraktion: Fx er støjen fra andres apparater eller maskiner mere generende end støjen fra ens eget arbejde. Dette er forventeligt, fordi lydene for ens egne maskiner/apparater opfattes som nødvendige og kontrollerbare, og lydene tjener som signal om, at processen fungerer som den skal (feedback). At Kjellberg et al. (1996) desuden finder at *egne* apparater og maskiner giver forøget distraktion, kan måske netop forklares ved, at støj interfererer med den ønskede lydlige feedback til operatøren. Lav forudsigelighed af lydene og dårlige muligheder for at kontrollere lydkilderne giver ligeledes forøget distraktion, hvilket igen er i overensstemmelse med en model baseret på orienteringsresponsen. Man ser imidlertid ikke nogen tendens til at længere arbejdstid fører til tilvænning til støjen (Kjellberg et al., 1996; Banbury & Berry, 2005), hvilket er i modsætning til forventningerne ved et orienteringsrespons. Telefoner, der ringer, er en kilde til distraktion (Kjellberg et al., 1996; Söderberg et al., 2001; Banbury & Berry, 2005), og da telefoner må siges at være velkendte lydkilder, bekræfter også dette, at der næppe sker nogen væsentlig tilvænning. Sådanne afvigelser fra en model baseret på et orienteringsrespons kan skyldes, at der er stor forskel på de meget kontrollerede betingelser i laboratoriet, hvor orienteringsresponsen studeres, og betingelserne på arbejdspladserne.

Menneskers stemme er en særlig type støj, fordi det belaster arbejdshukommelsen, og fordi stemmens emotionelle betoning alene kan forårsage en emotionel belastning. Der er god teoretisk og eksperimentel evidens for stemmers særlige egenskaber som forstyrrende støj (se 6.3). Det er dog vanskeligt på grundlag af det meget få antal studier at afgøre, om stemmer spiller en speciel rolle som støjkilde på arbejdspladsen. Kjellberg et al., (1996) fandt, at samtale var en distraherende faktor (Tabel 1), men i sammenligning med to andre støjklender med betydning for distraktion, nemlig henholdsvis egne maskiner og telefonsignaler, havde samtale den mindste betydning. I

studiet i børnehaver (Söderberg et al., 2001) var børns stemmer og lyde den primære gene-faktor, men dette er ikke så overraskende, idet larmen fra børn var den dominerende støjkilde. Støjen fra børn vurderes gennemsnitligt til at være ganske til meget generende. Det er også bemærkelsesværdigt, at støjniveauet i børnehaverne i den nævnte undersøgelse (68-82 dBA) er noget højere end niveauet i de andre undersøgelser fra andre typer arbejdspladser (typisk 60-70 dBA). BUPL's rapport (1998) antyder endda, at lydniveauer i danske institutioner kan være endnu højere. Derudover formodes det, at der er et højt niveau af emotionelle betoning i barns stemmer, som kan være emotionelt belastende. Dette, kombineret med følelsen af kun at have lidt kontrol over støjen og dårlige muligheder for at undgå den, er formodentlig med til at mange føler sig generet af støj i Söderberg et al.'s undersøgelse.

Som nævnt indtager gene-effekten rollen som den mest direkte og formodentlig specifikke effekt af støj. De videre konsekvenser af at føle sig generet eller distraheret af støj i arbejdsmiljøet er imidlertid ikke særligt godt belyst. Der er indikationer fra flere studier (især af støj i det ydre miljø) på, at støj-relaterede psykologiske reaktioner indtager en rolle som mediator for støj-relaterede helbredseffekter (Abel, 1990. Job, 1996). Mekanismen i arbejdsmiljøet kan fx være, at støjen forstyrrer igangværende aktiviteter, fx kommunikation med kollegaer eller klienter. Opgaver tager derfor længere tid eller bliver mere anstrengende, og sociale relationer på arbejdspladsen kan blive påvirket i negativ retning. Støjen kan også medføre at man føler sin privatsfære indskrænket eller truet. I den sidste ende kan dette føre til utilfredshed med jobbet, og øget træthed, anspændthed, stress og andre uspecifikke symptomer.

Symptomer pga. støj

I de studier, der er gennemgået herover, findes ingen tydelige sammenhænge mellem forskellige uspecifikke symptomer og objektive målinger af støj. I arbejdspladsundersøgelserne af hhv. Kjellberg et al. (1996) og Leather et al. (2003) fandt man ingen eller kun svage associationer mellem støj og symptomer eller symptomindekser. Øget træthed synes at være den vigtigste effekt af støj: Fx blev daglig træthed og træthed i ørene rapporteret med høj frekvens af ansatte i børnehaver i undersøgelsen af Söderberg et al. (2001). Mental "nedslidning", som bl.a. indeholder mål for træthed, var dog ikke signifikant associeret med objektive mål for støjbelastningen, kun med den oplevede gene pga. støj. Den manglende association med objektive mål, som gælder i flere af studierne, kan dog bl.a. skyldes, at objektive målinger af støjniveauet og spørgeskemaundersøgelser af symptomer refererer til forskellige tidsperioder. Dette problem er mindre i laboratorie-baserede undersøgelser. I laboratorieundersøgelser er således observeret øget træthed efter udsættelse for storrumskontorstøj (Witterseh et al., 2004). I studiet af Evans og Johnson (2000) (ligeledes storrumskontorstøj) blev ikke målt symptomer, men en observeret sen-effekt i form af nedsat motivation efter forsøget er i overensstemmelse med forøget træthed. Endvidere synes lavfrekvent støj at virke irriterende på forsøgspartagere (Bengtsson et al., 2004). Psyko-sociale risikofaktorer har muligvis en modererende effekt på forekomsten af symptomer (Beale et al., 2003), men der savnes flere studier der kan belyse disse vekselvirkninger.

Stress

I de to undersøgelser af hospitalsafdelinger præsenteret tidligere (Blomkvist et al., 2005. Morrison et al., 2003) har man observeret sammenhænge mellem selvrapporterede stressniveauer og objektive akustiske forhold på arbejdspladsen. Man har således observeret positive korrelationer mellem selvrapporterede stressniveauer med henholdsvis lydniveauet (Morrison et al., 2003) og med efterklangtiden (Blomkvist et al., 2005). I undersøgelse af Morrison et al. fandt man endvidere positiv korrelation mellem fysiologiske stressreaktioner og støjudsættelse. Også i laboratoriestudier har man observeret henholdsvis øget anspændthed (Witterseh et al., 2004) og øget udskillelse af

stress-relaterede hormoner under støjudsættelse (Evans og Johnson, 2000. Waye et al., 2002). Der er derfor indikationer af, at støj af lav til middel intensitet kan øge det subjektive og fysiologiske stressniveau.

Ud over at stress kan være en effekt af støj, så tyder resultaterne i undersøgelsen af Leather et al. (2003) på, at støj og stress vekselvirker: Hos mennesker med lav stressniveau, havde støjniveauet ingen effekt på rapporteringen af symptomer, hvorimod hos mennesker med højt stressniveau, var der flere rapporterede symptomer hos gruppen med højt støjniveau end hos grupper med lavt støjniveau. Disse sammenhænge bør dog bekræftes af andre studier.

Stress nævnes i et statusdokument fra EU's arbejdsmiljøagentur som en vigtig non-auditiv effekt af støjudsættelse (Schneider et al., 2005). Størstedelen af dokumentationen vedrører imidlertid udsættelse for høj støj i industrielle miljøer. Med hensyn til støj i industrien har fokus især været på hjertekarproblemer, inklusive forhøjet blodtryk (van Kempen et al., 2002) og blodprop i hjertet (Davies et al., 2005. Willich et al., 2006). Det formodes, at høj støj kan lede til disse negative helbredssekvenser ved at virke som en generel stressfaktor, der aktiverer det sympatiske nervesystem og øger udskillelsen af "stresshormoner" (Babisch, 2003. Babisch, 2005). De negative effekter af høj industriel støj kan muligvis forøges i kombination med andre psykosociale belastninger, fx kompleksiteten af arbejdsopgaverne (Melamed et al., 1999).

Mekanismen bag stressreaktioner forårsaget af støj af lavt til moderat lydniveau er endnu dårligere velbelyst end stressreaktioner forårsaget af høj industriel støj. Der er formodentlig ikke tale om direkte fysiologiske stressreaktioner på lydene i form af forsvars- eller startlereaktioner. Boman og Enmarker (2004) fandt at den bedste model for relationen mellem stress-symptomer og støj hos skoleelever inkluderede *gene (annoyance)* som en medierende faktor.

Præstationer i kognitive tests

Der er god eksperimentel evidens for at støj af lav intensitet kan interferere med kognitive processer, og dermed med løsningen af kognitive opgaver (fx Hughes og Jones, 2003) (se også afsnit 6.3). Dette bekræftes af laboratorieundersøgelserne præsenteret i dette kapitel. Simple opgaver som tekstindtastning (Evans og Johnson, 2000. Witterseh et al., 2004) eller udførelse af en reaktionstidstest (Bengtsson et al., 2004) synes mindre påvirket eller ligefrem forbedret. Støj synes primært at have en effekt på udførelsen af kognitivt krævende opgaver som korrekturlæsning og ræsonneren (Waye et al., 2002) og udførelsen af aritmetik og kreativ tænkning (Witterseh et al., 2004). Laboratorieundersøgelserne viser endvidere, at der ikke nødvendigvis er overensstemmelse mellem den selvvaluerede præstationsevne og de objektive mål (Bengtsson et al., 2004). At præstationerne i laboratorietest i nogle tilfælde bliver *bedre*, når de udføres under støj viser, at der er flere mekanismer på spil end kun støjens indflydelse på hukommelsescentre i hjernen. Hvordan forsøgspersonerne vælger at håndtere situationen ("*coping*") kan i visse situationer mere end kompensere for de negative effekter af støj, men formodentlig på bekostning af forbrug af mentale og fysiske ressourcer (Witterseh et al., 2004). Der mangler arbejdspladsundersøgelser til at belyse, hvorvidt de fundne sammenhænge i laboratoriet, blandt andet nedsat produktivitet og aktivering af forskellige *coping* strategier, kan generaliseres til arbejdsmiljøet.

Konklusioner

Gene og distraktion er de mest direkte og specifikke non-auditive effekter af lav til moderat støj. Det gennemsnitlige lydniveau er af nogen betydning for gene og distraktion, men andre faktorer, inklusive arten af den igangværende aktivitet og sociale og psykologiske forhold, spiller formodentlig en væsentlig rolle i mange situationer. Konsekvenserne af at føle sig generet eller distraheret af støj er ikke særligt godt belyste, men der er indikationer af, at støjrelaterede psykologiske effekter kan føre til øget træthed, anspændthed, stress og andre uspecifikke

symptomer og effekter, der samlet kan karakteriseres som mistrivsel. Der er således studier, der viser, at støj kan føre til øget træthed, og i adskillige studier har man fundet sammenhænge mellem udsættelse for støj og selvrappporteret stress og fysiologiske effekter relateret til stress. Samspillet mellem støj og andre påvirkninger, fx indeklime eller psykosocialt arbejdsmiljø, er stort set ikke blevet undersøgt, når der ses bort fra enkelte laboratoriestudier. Samlet set er konklusionen, at gene og distraktion er ”kerne-effekter” af udsættelse for lav til moderat støj, og at disse effekter alene – eller evt. i samspil med andre faktorer i arbejdsmiljøet – sandsynligvis kan påvirke trivslen i negativ retning.

Referencer

- Abel (1990). The extra-auditory effects of noise and annoyance: an overview of research. *J Otolaryngol Suppl* 1: 1-13.
- Baddeley, A. D. (1990). Human memory: Theory and practice. Needham Heights, MA, US: Allyn & Bacon.
- Banbury, S. & Berry, D. C. (1998). Disruption of office-related tasks by speech and office noise. *Brit J Psychol* 89, 499-517.
- Banbury, S. P. and Berry, D. C. Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements. *Ergonomics* 48(1), 25-37. 2005.
- Babisch W (2003). Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise. *Noise & Health* 5: 1-11.
- Babisch W (2005). Noise and health. *Environ Health Perspect* 113: A14-A15.
- Belin, P., Fecteau, S., & Bedard, C. (2004). Thinking the voice: neural correlates of voice perception. *Trends Cogn Sci*, 8, 129-135.
- Belin, P., Zatorre, R. J., & Ahad, P. (2002). Human temporal-lobe response to vocal sounds. *Brain Res Cogn Brain Res*, 13, 17-26.
- Belin, P., Zatorre, R. J., Lafaille, P., Ahad, P., & Pike, B. (2000). Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature*, 403, 309-312.
- Bengtsson J, Wayne KP, Kjellberg A (2004). Evaluations of effects due to low-frequency noise in a low demanding work situation. *J Sound Vibr* 278: 83-99.
- Blomkvist V, Eriksen CA, Theorell T, Ulrich R, Rasmanis G (2005). Acoustics and psychosocial environment in intensive coronary care. *Occup Environ Med* 62: e1 [<http://www.occenvmed.com/cgi/content/full/62/3/e1>]
- Boman E, Enmarker I (2004). Factors affecting pupil's noise annoyance in schools: The building and testing of models. *Environ Behav* 36: 207-228.
- Bradley (2000). Emotion and Motivation. I: Cacioppo JT, Tassinary LG, Berntson GG (editors): *Handbook of Psychophysiology*, 2. udgave, s. 602-. Cambridge University Press (2000).
- Bradley MM, Lang PJ (2000). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiol* 37: 204-215.
- BUPL – forbundet for pædagoger og klubfolk (1998). Støj og indeklime. Rapport om støj og indeklimeforhold i danske børneinstitutioner. BUPL 1998 (rapport kan downloades fra internettet på adressen: [http://www.bupl.dk/web/internet.nsf/\(DokOversigt\)/996CB7A911DACAB4C1256C0D004FA522!OpenDocument](http://www.bupl.dk/web/internet.nsf/(DokOversigt)/996CB7A911DACAB4C1256C0D004FA522!OpenDocument))
- Brauer, C. and Mikkelsen, S. Indeklima, psykisk arbejdsmiljø og symptomer i Danmark - Et normalmateriale til Glostrupskemaet. 1-101. 2002. Amtssygehuset i Glostrup (report in Danish), Arbejdsmedicinsk Klinik.
- Davies H, Teschke K, Kennedy SM, Hodgson MR, Hertzman C, Demers PA (2005). Occupational exposure to noise and mortality from acute myocardial infarction. *Epidemiol* 16: 25-32.
- Davis M (1984). The Mammalian Startle Response. I: *Neural Mechanisms of Startle Behavior*. Eaton RC (Editor), s. 287-351, Plenum, New York.

- Davis M, Falls WA, Cameau S, Kim M. (1993). Fear-potentiated startle: a neural and pharmacological analysis. *Behav Brain Res* 58: 175-198.
- Ellermeier, W. & Hellbruck, J. (1998). Is level irrelevant in "irrelevant speech"? Effects of loudness, signal-to-noise ratio, and binaural unmasking. *J Exp Psychol: Human Percept Perform* 24, 1406-1414.
- Evans GW, Johnson D (2000). Stress and open-office noise. *J Appl Psychol* 85: 779-783.
- Gervais, H., Belin, P., Boddaert, N., Leboyer, M., Coez, A., Sfaello, I. et al. (2004). Abnormal cortical voice processing in autism. *Nat Neurosci*, 7, 801-802.
- Gisselgard, J., Petersson, K. M., & Ingvar, M. (2004). The irrelevant speech effect and working memory load. *Neuroimage*, 22, 1107-1116.
- Gisselgard, J., Petersson, K. M., Baddeley, A., & Ingvar, M. (2003). The irrelevant speech effect: a PET study. *Neuropsychologia*, 41, 1899-1911.
- Hatfield J, Job RFS, Carter NL, Peplow P, Taylor R, Morrell S (2001). The influence of psychological factors on self-reported physiological effects of noise. *Noise & Health* 3: 1-13.
- Hugdahl K (1995). Orienting and Conditioning. I: *Psychophysiology*, kapitel 7, s.131-154. Harvard University Press (1995).
- Hughes RW, Jones DM (2003). Indispensable benefits and unavoidable costs of unattended sound for cognitive functioning. *Noise Health* 6: 63-76.
- Hygge S, Knez I (2001). Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect. *J Environ Psychol* 21: 291-299.
- Job RFS (1996). The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environ Int* 22: 93-104.
- Jones, D. M. & MacKen, W. J. (1995). Auditory babble and cognitive efficiency: Role of number of voices and their location. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1, 216-226.
- Kjellberg A (1999). Betydelsen af icke-akustiska förhållanden och individuella skillnader. Kapitel 5 (s. 44-57) i rapporten af Landström et al. (1999).
- Kjellberg A, Landström U, Tesarz M, Söderberg L, Åkerlund E (1996). The effects of non-physical noise characteristics, ongoing task and noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work. *J Environ Psychol* 16: 123-136.
- Knez I, Hygge S (2002). Irrelevant speech and indoor lighting: Effects on cognitive performance and self-reported affect. *Appl Cogn Psychol* 16: 709-718.
- Koch M (1999). The neurobiology of startle. *Prog Neurobiol* 59: 107-128.
- Landström U (1999). Buller störning utifrån bullrets fysikaliska egenskaper. Kapitel 3 (s. 19-27) i rapporten af Landström et al. (1999).
- Landström U, Åkerlund E, Kjellberg A, Tesarz M (1995). Exposure levels, tonal components, and noise annoyance in working environments. *Environ Internat* 21: 265-275.
- Landström U, Arlinger S, Hygge S, Johansson Ö, Kjellberg A, Waye KP (1999). *Störande buller. Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation*. Arbete och Hälsa 27 (ISBN 91-7045-548-1). Rapporten kan downloadas fra internettet på adressen: <http://www.arbetslivsinstitutet.se/publikationer/ah/ah.asp>
- Lang PJ, Bradley MM, Cuthbert BN (1990). Emotion, attention, and the startle reflex. *Psychol Rev* 97: 377-395.
- Leather P, Beale D, Sullivan L (2003). Noise, psychosocial stress and their interactions in the workplace. *J Environ Psychol* 23: 213-222.
- Melamed S, Kristal-Boneh E, Fromm P (1999). Industrial noise exposure and risk factors for cardiovascular disease: Findings from the CORDIS study. *Noise & Health* 4: 49-56.
- Miltner W, Matjak M, Braun C, Diekmann H, Brody S (1994). Emotional qualities of odors and their influence on the startle reflex in humans. *Psychophysiol* 31: 107-10.
- Morrison WE, Haas EC, Shaffner DH, Garrett ES, Fackler JC (2003). *Crit Care Med* 31: 113-119.

- Öhman A, Hamm A, Hugdahl K (2000). Cognition and the Autonomic Nervous System. I: Cacioppo JT, Tassinary LG, Berntson GG (Editors): *Handbook of Psychophysiology*, 2. udgave, s. 533-601. Cambridge University Press (2000).
- Sander, D., Grandjean, D., Pourtois, G., Schwartz, S., Seghier, M. L., Scherer, K. R. et al. (2005). Emotion and attention interactions in social cognition: Brain regions involved in processing anger prosody. *Neuroimage*, 28, 848-858.
- Schneider E, Paoli P, Brun E (2005). Noise in Figures. EU's Arbejdsmiljøagentur (ISBN 92-9191-150-X) Dokumentet kan hentes på internettet på adressen: http://osha.eu.int/publications/reports/6905723/full_publication_en.pdf
- Schulte-Fortkamp B (1999). Noise from combined sources: how attitudes towards environment and sources influence the assessment. Proceedings of Internoise 99, Fort Lauderdale, Florida, USA.
- Scott, S. K. & Johnsrude, I. S. (2003). The neuroanatomical and functional organization of speech perception. *Trends Neurosci*, 26, 100-107.
- Söderberg L, Landström U, Kjellberg A (2001). Ljudmiljön i förskolor och dess inverkan på upplevelse och hälsa bland personal. Arbetslivsrapport nr. 2001:11 (ISSN 1400-8211). Arbetslivsinstitutet, Sverige.
- Stansfeld SA (1992). Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Psychol Med* 22: 1-44.
- Stansfeld SA, Matheson MP (2003). Noise pollution: Non-auditory effects on health. *Br Med Bull* 68: 243-257.
- Stekelenburg JJ, Van Boxtel A (2002). Pericranial muscular, respiratory, and heart rate components of the orienting response. *Psychophysiol* 39: 707-722.
- Tremblay, S., MacKen, W. J., & Jones, D. M. (2001). The impact of broadband noise on serial memory: Changes in band-pass frequency increase disruption. *Memory*, 9, 323-331.
- Tremblay, S., Nicholls, A. P., Alford, D., & Jones, D. M. (2000). The irrelevant sound effect: Does speech play a special role? *J Exp Psychol: Learning, Memory, & Cognition*, 26, 1750-1754.
- van Kempen EEMM, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BAM, de Hollander AEM (2002). The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: A meta-analysis. *Environ Health Perspect* 110: 307-317.
- Waye KP, Bengtsson J, Rylander R, Hucklebridge F, Evans P, Clow A (2002). Low frequency noise enhances cortisol among noise sensitive subjects during work performance. *Life Sci* 70: 745-758.
- Westman JC & Walters JR (1981). Noise and stress: A comprehensive approach. *Environ Health Perspect* 41: 291-309.
- Willich SN, Wegscheider K, Stallmann M, Keil T (2006). Noise burden and the risk of myocardial infarction. *Eur Heart J* 27: 276-282.
- Wise, R. J., Scott, S. K., Blank, S. C., Mummery, C. J., Murphy, K., & Warburton, E. A. (2001). Separate neural subsystems within 'Wernicke's area'. *Brain*, 124, 83-95.
- Witterseh T, Wyon DP, Clausen G (2004). The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work. *Indoor Air* 14 (Suppl. 8): 30-40.
- Wong, D., Pisoni, D. B., Learn, J., Gandour, J. T., Miyamoto, R. T., & Hutchins, G. D. (2002). PET imaging of differential cortical activation by monaural speech and nonspeech stimuli. *Hear Res*, 166, 9-23.

7. De sociale konsekvenser af støj og hørerelaterede problemer i arbejdsmiljøet.

Som det er blevet redegjort for i de foregående kapitler udsættes medarbejderne på dagens arbejdsmarked for forskellige former for støj i arbejdssituationen. Nogle former for støj er af en høreskadende karakter, mens andre former for støj ikke er af en høreskadende karakter.

Selvom det ikke er alle høreskader, der er opstået på arbejdsmarkedet, vil det i det følgende være relevant at belyse de sociale konsekvenser af hørerelaterede problemer, ligesom vi også gennem den eksisterende litteratur på området vil søge at danne os et billede af de sociale konsekvenser af såvel høreskadende som ikke-høreskadende støj i arbejdssituationen.

Udover at nogle høreskader er støjbetingede er det også naturligt at diskutere støj og høreskader i sammenhæng, da forskellige hørerelaterede problemer på forskellig vis forstærkes i støjfyldte omgivelser.

- Personer med *nedsat hørelse* har således ofte vanskeligt ved at skelne lyde fra hinanden i støjfyldte omgivelser, hvilket forringer mulighederne for at deltage i almindelig samtale.
- Personer med *tinnitus* vil ofte få forstærket deres symptomer ved kraftige støjpåvirkninger.
- Personer med *lydoverfølsomhed* vil selvsagt opleve problemer med at fungere i støjfyldte omgivelser.

I den følgende gennemgang vil vi indledningsvist fokusere på betydningen af hørerelaterede problemer på arbejdsmarkedet, hvorefter vi kort vil se på, hvad litteraturen siger om betydningen af støj og hørerelaterede problemer for den personlige trivsel. Herefter orienteres opmærksomheden mod sammenhængen mellem sygefravær og hørerelaterede problemer på den ene side samt udsættelse for støj på den anden. Endelig vil vi se nærmere på litteraturen vedrørende konsekvenserne af støj og hørerelaterede problemer for udstødning af arbejdstagere fra arbejdsmarkedet. Som afrunding på dette kapitel vil vi kort vurdere de fremtidige forskningsbehov, som gennemgangen af den eksisterende litteratur på området afdækker.

Tidsmæssigt er litteratursøgningen for dette kapitel afgrænset således, at der blot er anvendt litteratur, der daterer sig fra 1995 og fremefter. Ældre litteratur er dog blevet anvendt, såfremt denne litteratur var af en særligt interessant karakter.

Hvor udbredte er hørerelaterede problemer i Danmark?

Når man spørger et repræsentativt udsnit af den danske befolkning i alderen 18-64 år, om de har vanskeligt ved at følge med i en samtale, når flere personer er samlet, tilkendegiver hhv. 2 og 9 procent, at de oplever mange eller nogle vanskeligheder (Clausen, 2003: 20). 11 procent af befolkningen i den erhvervsaktive alder oplever således problemer med hørelsen, når der er baggrundsstøj. Nogle af disse har modtaget høreapparater for at kompensere for deres problemer med hørelsen, mens andre ikke har modtaget hjælp for deres hørenedsættelse – enten fordi der er tale om en begrænset hørenedsættelse, hvor der ikke er behov for hjælpemidler, eller fordi de endnu ikke har erkendt, at de har problemer med hørelsen.

I Arbejdsmiljøinstituttets Nationale Arbejdskohorte (NAK) fra 2000 er svarpersonerne blevet spurgt om, hvorvidt de lider af tinnitus og lydoverfølsomhed. Knap 11 procent af svarpersonerne i alderen

18-59 år tilkendegiver, at de dagligt eller ugentligt oplever symptomer på tinnitus, mens godt 9 procent i den samme undersøgelsespopulation udviser symptomer på lydoverfølsomhed.

Nedsat hørelse og vilkårene på arbejdsmarkedet

Som vi så ovenfor, oplever 11 procent af den danske befolkning problemer med hørelsen. I det følgende vil vi kort se nærmere på vilkårene på arbejdsmarkedet for personer med nedsat hørelse.

For at belyse konsekvenserne af nedsat hørelse, har Clausen (2003) således foretaget en spørgeskemaundersøgelse af konsekvenserne af nedsat hørelse blandt knap 1.600 personer, der har modtaget høreapparatbehandling i Århus og Storstrøms Amt. I denne gruppe af personer er der en lavere arbejdsmarkedstilknytning end i befolkningen som helhed (Clausen, 2003: 55ff). I tabel 1 sammenlignes den beskæftigelsesmæssige status for personer med nedsat hørelse, der har modtaget høreapparatbehandling, med den beskæftigelsesmæssige status for befolkningen som helhed i aldersgruppen 30 til 54 år.

Tabel 1:

Beskæftigelsesmæssig status for hørehæmmede, der har modtaget høreapparatbehandling og for befolkningen som helhed i alderen 30-54 år i 2001. Procent.

	Befolkningen som helhed i alderen 30-54	Personer med nedsat hørelse i alderen 30-54
Beskæftigede	86	75
Arbejdsløse	3	6
Udenfor arbejdsstyrken	11	19
I alt	100	100
Antal	1.943.000	742

(Clausen, 2003: 58)

Af tabellen fremgår det, at personer med nedsat hørelse har en lavere beskæftigelsesfrekvens end befolkningen som helhed i den pågældende aldersgruppe. Yderligere analyser viser, at sandsynligheden for at være i beskæftigelse falder i takt med, at hørenedsættelsens omfang stiger (Clausen, 2003: 61). Herudover viser tabellen, at der både er flere arbejdsløse blandt personerne med nedsat hørelse, samt at flere står uden for arbejdsmarkedet end i befolkningen som helhed.

Personer med nedsat hørelse er også overrepræsenterede i gruppen af førtidspensionister (Clausen, 2003: 57), og sandsynligheden for at modtage førtidspension stiger i takt med hørenedsættelsens omfang (Clausen, 2003: 61).

I den ovenfor refererede undersøgelse (Clausen 2003) er de knap 1.600 svarpersoner med nedsat hørelse ligeledes blevet spurgt om, hvorvidt de lider af tinnitus. Hertil svarer 32 procent bekræftende (Clausen, 2003: 32). Når der kontrolleres for andre forklaringsvariable, som fx hørenedsættelsens omfang, viser det sig dog, at tinnitus ikke har signifikant indflydelse på svarpersonernes beskæftigelsesmæssige status eller på sandsynligheden for at være på førtidspension (Clausen, 2003: 60ff).

Resultaterne viser således, at personer med nedsat hørelse har større vanskeligheder med at finde og fastholde et arbejde end befolkningen som helhed, ligesom personer med nedsat hørelse i højere grad risikerer udstødelse fra arbejdsmarkedet i form af tilkendelse af førtidspension.

På trods af at beskæftigelsesfrekvensen for personer med nedsat hørelse er lavere end for befolkningen som helhed, skal det dog noteres, at beskæftigelsesfrekvensen for personer med nedsat hørelse er forholdsvis høj (jf. tabel 1). Personer med nedsat hørelse konfronteres således med nogle barrierer, der har betydning for deres beskæftigelsesmuligheder, men disse barrierer er dog ikke af en sådan karakter, at de *en bloc* udelukker personer med nedsat hørelse fra at deltage på arbejdsmarkedet.

Denne konklusion genfindes i en række undersøgelser, der viser, at mange personer med nedsat hørelse er i stand til at opretholde en stabil tilknytning til arbejdsmarkedet, men at hørenedsættelsen kan være årsag til en række problemer dels i arbejdssituationen og dels i forhold til den personlige trivsel (Schroedel & Geyer, 2000; Backenroth-Ohsako et al., 2003; Grimby & Ringdahl, 2000; Backenroth & Ahlner, 1998; Danermark & Conavitus, 2004).

Betydningen af nedsat hørelse, tinnitus og lydoverfølsomhed for den personlige trivsel

I det følgende vil vi kort se på, hvad litteraturen siger om konsekvenserne af nedsat hørelse, tinnitus og lydoverfølsomhed for den personlige trivsel. Vi har valgt at inddrage dette aspekt, da vi anskuer den individuelle trivsel som et centralt moment i forhold til forekomsten af fravær og udstødning af personer med nedsat hørelse fra arbejdsmarkedet.

Nedsat hørelse har betydning for den personlige trivsel på flere niveauer. For det første kan en hørenedsættelse – særligt i støjfyldte omgivelser – betyde, at personer med nedsat hørelse har vanskeligt ved at indgå i lydbårne kommunikative udvekslinger. Ifølge Kramer et al. (1998) opleves vanskeligheder med at forstå talekommunikation, når der forekommer baggrundsstøj, som et stort problem blandt personer med nedsat hørelse. Personer med nedsat hørelse vil således ofte være hensat til at instruere de personer, de kommunikerer med, i hvorledes kommunikationen kan tilrettelægges, så de også kan få udbytte af samtalen.

I det tilfælde en sådan instruktion ikke finder sted eller efterleves, kan oplevelsen af mangelfuld kommunikation imidlertid have stor betydning for det følelsesmæssige velbefindende blandt personer med nedsat hørelse (Danermark, 1998). I en kvalitativ undersøgelse af en række hørehæmmedes oplevelse af deres kommunikative relationer fandt Hallberg & Carlsson (1992: 8), at følelser af frustration, irritation og underlegenhed var udbredte blandt svarpersonerne. Det leder Hallberg (1992: 4) til at sondre mellem to typer af handicap, der opstår i kølvandet på en hørenedsættelse. Det primære handicap berører hørenedsættelsens sociale og følelsesmæssige konsekvenser i form af nervøsitet, generthed, social tilbagetrækning og lavere kvalitet af sociale interaktioner, mens det sekundære handicap relaterer sig til konsekvenserne af at tilpasse sin adfærd til hørenedsættelsen, som fx udmattelse og lavt selvværd.

Disse konklusioner understøttes af Clausens (2003) undersøgelse, der viser, at personer med nedsat hørelse i væsentlig højere grad end befolkningen som helhed oplever fysisk og psykisk udmattelse efter endt arbejdsdag. Undersøgelsen viser også at det især er personer, der oplever, at deres hørenedsættelse har konsekvenser i arbejdssituationen, der oplever fysisk og psykisk udmattelse (Clausen, 2003: 94ff; se også Backenroth-Ohsako et al., 2003).

Herudover viser Clausens (2003) undersøgelse, at personer med nedsat hørelse i højere grad end befolkningen som helhed udviser symptomer på psykosociale problemer. Undersøgelsen viser endvidere, at sandsynligheden for at udvise symptomer på psykosociale problemer stiger i takt med

hørenedsættelsens omfang, samt at personer, der ikke er i arbejde eller under uddannelse har en større risiko for psykosociale problemer end gennemsnittet (Clausen, 2003: 193).

Hørenedsættelsens psykosociale konsekvenser er et gennemgående tema i den litteratur, der danner grundlaget for dette kapitel. Således finder McCay et al. (1999), at hørerelaterede kommunikationsproblemer kan være årsag til frustration blandt hørehæmmede og døve, og at denne frustration kan komme til udtryk gennem aggressiv, fjendtlig eller ligefrem voldelig adfærd. I forlængelse heraf konkluderes det i flere undersøgelser, at personer med nedsat hørelse i højere grad udviser tegn på dårlig psykisk trivsel og lavt selvværd end personer med normal hørelse (Danermark & Conavitus, 2004; Weisel & Kamara, 2005). Endelig finder van Oyen et al. (2001), at hørehæmmede tenderer et dårligere selvvurderet fysisk og psykisk helbred end normalthørende.

Den tilgængelige litteratur på området antyder således, at nedsat hørelse har betydning for det personlige velbefindende. Herudover peger litteraturen på, at interaktionen med andre mennesker kan være et problemområde for personer med nedsat hørelse (Uimonen et al., 1998; Backenroth & Ahlner, 1998). Dette skyldes et samspil mellem de kommunikationsproblemer, som hørenedsættelsen kan indebære, og de selvværdsrelaterede problemer, som hørenedsættelsen også kan føre med sig. Herudover kan det også for det enkelte individ være forbundet med vanskeligheder at erkende og acceptere, at hørelsen gradvist er blevet dårligere (Hallberg & Jansson, 1996). Dette problemkompleks kan være årsagen til, at mange med nedsat hørelse er tilbageholdende med at fortælle andre mennesker – herunder kolleger og ledere – om hørenedsættelsen, hvorved omgivelserne forhindres i at tage kommunikationsunderstøttende strategier i anvendelse (Clausen, 2003: 105ff). I de tilfælde, hvor personen med nedsat hørelse er åben omkring sin hørenedsættelse, sker det imidlertid ofte, at personen med nedsat hørelse oplever, at han/hun mødes med negative og stigmatiserede holdninger fra omgivelserne (Hallberg & Jansson, 1996; se også Laroche et al., 2000). Således finder Clausen (2003: 114), at personer med nedsat hørelse i højere grad end deres normalthørende kolleger oplever, at de udsættes for ubehagelige drillerier i arbejdssituationen, ligesom personer med nedsat hørelse oplever en lavere grad af støtte i arbejdssituationen fra kolleger og ledere (Clausen, 2003: 101ff).

Endelig peger Thaulow og Frische (2000) på, at mange virksomheder har omstillet sig fra traditionelle til mere fleksible organisationsformer i løbet af de seneste årtier. I det omfang denne udvikling og den samtidige udbredelse af servicesektorjobs, har medført stigende kommunikationskrav på arbejdsmarkedet, må disse udviklingstendenser også anskues som en problemstilling, der har betydning for hørehæmmedes trivsel og muligheder for at begå sig på arbejdsmarkedet.

Tinnitus har ifølge den tilgængelige litteratur på området ligeledes betydning for det personlige velbefindende. Flere undersøgelser peger således på, at tinnitus har betydning for det personlige velbefindende (Robinson et al., 2003; Soderman et al., 2002; Clausen 2003: 197), og at tinnitussens omfang har betydning for i hvor høj grad individets velbefindende berøres (Folmer et al., 2001).

Der findes ingen undersøgelser, der belyser konsekvenserne af *lydoverfølsomhed* for den personlige trivsel, hvilket tyder på, at der er et vist forskningsbehov inden for dette problemfelt.

Sammenfattende viser den eksisterende litteratur på området således, at personer med nedsat hørelse og personer med tinnitus har en større risiko for at opleve problemer med det personlige velbefindende end personer uden sådanne hørerelaterede problemer. Dette forhold må naturligvis

forventes at have betydning for forekomsten og karakteren af sygefravær i gruppen af personer med sådanne hørelaserede problemer samt de overvejelser, der finder sted vedrørende tilbagetrækning fra arbejdsmarkedet blandt personer med nedsat hørelse og personer med tinnitus.

Betydningen af støj for den personlige trivsel

Som det blev diskuteret ovenfor, har tilstedeværelsen af baggrundsstøj betydning for de muligheder, som personer med nedsat hørelse har, for at tage del i en samtale. Tilstedeværelsen af baggrundsstøj i fx storrumskontorer eller fabrikshaller kan således forringe hørehæmmedes muligheder for at udføre deres arbejdsopgaver og kan forringe deres personlige trivsel.

Tilstedeværelsen af støj i arbejdsmiljøet kan også have konsekvenser for normalthørende personers velbefindende og deres muligheder for at udføre deres arbejdsopgaver. Melamed et al. (2001) finder således, at tilstedeværelsen af støj i arbejdsmiljøet har såvel fysiske som psykiske konsekvenser i form af reduceret jobtilfredshed og forhøjet blodtryk. Herudover finder Melamed et al. (2001), at personer med komplekse arbejdsopgaver er mere følsomme overfor støjpåvirkninger end personer med mere simple arbejdsopgaver. En tidligere undersøgelse viser, at støj på arbejdet har betydning for jobtilfredshed og irritation efter endt arbejdsdag (post-work irritability) for såvel mænd som kvinder, samt at kvinder, der er udsat for støj i arbejdssituationen herudover udviser en højere forekomst af sygdom, uro og depression. Undersøgelsen viser ligeledes, at forekomsten af symptomer stiger i takt med støjniveauet (Melamed et al., 1992).

Den tilgængelige litteratur på området viser således, at tilstedeværelsen af støj i arbejdsmiljøet har betydning for den personlige trivsel, hvilket igen må forventes at have betydning for sygefravær og tilbagetrækningsmønstre i arbejdsstyrken. Det skal imidlertid understreges, at litteratursøgningen kun har resulteret i to artikler, der belyser denne sammenhæng, hvilket indikerer et forskningsbehov på dette felt.

Betydningen af nedsat hørelse, tinnitus og lydoverfølsomhed for arbejdsrelateret fravær

Den aktuelle litteratursøgning har ikke resulteret i litteratur, der specifikt belyser sammenhængen mellem nedsat hørelse, tinnitus og lydoverfølsomhed på den ene side og fravær fra arbejdspladsen på den anden.

Der lader således til at være et forskningsbehov i forhold til en nærmere belysning af denne sammenhæng. Dette forskningsbehov vurderes især at være relevant på baggrund af de problemstillinger, der ovenfor blev fundet i relationen mellem hørelaserede problemer og personligt velbefindende.

Betydningen af støj for arbejdsrelateret fravær

Melamed et al.'s (1992) undersøgelse fokuserer også på sammenhængen mellem støj og fravær. Undersøgelsen viser, at tilstedeværelsen af støj i arbejdsmiljøet har betydning for forekomsten af sygefravær og arbejdsulykker, og forekomsten stiger i takt med støjniveauet.

I forlængelse heraf undersøger Fried et al. (2002) sammenhængen mellem sygefravær på den ene side og støj, køn og jobkompleksitet på den anden, og finder at sygefraværet stiger i takt med støjniveauet. Herudover viser Fried et al.'s (2002) undersøgelse, at personer med komplekse jobs har en højere forekomst af sygefravær, ligesom kvinder har en højere forekomst af sygefravær end mænd.

Den aktuelle litteratursøgning har ikke resulteret i yderligere litteratur, der vedrører sammenhængen mellem støj og arbejdsrelateret fravær, hvilket peger i retning af yderligere forskningsbehov på dette område.

Betydningen af nedsat hørelse, tinnitus og lydoverfølsomhed for udstødning fra arbejdsmarkedet

I litteratursøgningen blev der kun fundet en enkelt reference, der belyser sammenhængen mellem hørerelaterede problemer og udstødning fra arbejdsmarkedet.

I et netop udgivet arbejdspapir fra Socialforskningsinstituttet (SFI) beskriver Christensen (2006) resultaterne fra en komparativ surveyundersøgelse af tilbagetrækningsmønstre og overvejelser omkring tilbagetrækning fra arbejdsmarkedet blandt henholdsvis personer med nedsat hørelse og normalthørende i alderen 50 til 64 år. Undersøgelsen viser, at nedsat hørelse først og fremmest har betydning for mænds risiko for at blive førtidspensioneret, hvilket hovedsageligt sker i alderen 50-59 år. Nedsat hørelse har også betydning for valg af at gå på efterløn, blandt mænd over 60. Blandt kvinderne influerer nedsat hørelse hovedsageligt på kvindernes valg af at gå på efterløn, mens problemer med hørelsen har en mindre betydning i forhold til sandsynligheden for at blive tilkendt førtidspension.

I undersøgelsen spørges der ligeledes til, om svarpersonerne lider af tinnitus eller lydoverfølsomhed, hvorfor undersøgelsen i senere publikationer også må forventes at belyse, i hvor høj grad disse lidelser bidrager til frivillig eller ufrivillig tilbagetrækning fra arbejdsmarkedet.

På denne baggrund lader der således ikke umiddelbart til at være presserende forskningsbehov i forhold til en belysning af sammenhængen mellem hørerelaterede problemer og udstødningsproblematikken.

Betydningen af støj for udstødning fra arbejdsmarkedet

Mængden af litteratur, der beskæftiger sig med relationen mellem støj og udstødning fra arbejdsmarkedet, er – som i forhold til de ovenstående problemfelter – af en forholdsvis sparsom karakter. Litteratursøgningen bibragte imidlertid et enkelt studie af faktorer, der har betydning for helbredsrelateret tidlig tilbagetrækning fra arbejdsmarkedet. Ifølge Krause et al. (1997) er støj i arbejdssituationen en af flere faktorer, der har signifikant betydning for helbredsrelateret tidlig tilbagetrækning. Andre faktorer, der ifølge Krause et al. (1997) har signifikant betydning for tidlig tilbagetrækning, er muligheden for at kommunikere med kolleger samt graden af ledelsesmæssig støtte og opbakning.

I gennemgangen af de trivselsmæssige konsekvenser af nedsat hørelse blev det oven for fundet, at personer med nedsat hørelse har vanskeligt ved at kommunikere i sammenhænge med baggrundsstøj, samt at personer med nedsat hørelse i lavere grad end deres normalthørende kolleger oplever, at de støttes og opmuntres af deres overordnede. Krause et al.'s (1997) resultater indikerer således, at personer med nedsat hørelse i særlig grad konfronteres med risiko for tidlig tilbagetrækning.

Den aktuelle litteratursøgning har ikke resulteret i yderligere litteratur, der vedrører sammenhængen mellem støj og udstødning fra arbejdsmarkedet, hvilket peger i retning af yderligere forskningsbehov på dette område.

Sammenfatning og forskningsbehov

Den ovenstående gennemgang af nyere litteratur på området har vist, at støj og hørelaserede problemer har konsekvenser for den personlige trivsel og at karakteren af disse konsekvenser er forholdsvis veldokumenterede i den forskningsbaserede litteratur. Disse trivselsrelaterede problemer må forventes at have betydning for sygefravær og udstødning fra arbejdsmarkedet, men litteraturen på området er imidlertid noget mere sparsom, når vi orienterer opmærksomheden mod disse temaer. Litteraturgennemgangen viser således, at der er yderligere forskningsbehov indenfor følgende områder:

- *Lydoverfølsomhed, beskæftigelse og trivsel:* I hvilket omfang påvirkes den personlige trivsel og mulighederne for at fungere på arbejdsmarkedet af problemer med lydoverfølsomhed?
- *Hørelaserede problemer og fravær:* I hvilken grad er hørelaserede problemer årsag til langvarigt sygefravær og er det andre faktorer, der har betydning for fravær blandt personer med hørelaserede problemer end blandt arbejdstagere uden hørelaserede problemer?
- *Støj og fravær:* I hvor høj grad er støj i arbejdsmiljøet årsag til langvarigt sygefravær og hvilke årsagssammenhænge kan der spores i relationen mellem støj og fravær? Er der en sammenhæng mellem støjbetinget fravær og hørelaserede problemer?
- *Støj og udstødning fra arbejdsmarkedet:* I hvor høj grad er støj årsag til udstødning fra arbejdsmarkedet og hvilke dynamikker karakteriserer støjrelaserede udstødningsprocesser? Spiller hørelaserede problemer en rolle i støjrelaserede udstødningsprocesser?

På tværs af disse fire forskningsbehov vil det ligeledes være oplagt at vurdere i hvor høj grad det er muligt at forske i interventionsmuligheder, ligesom det også vil være relevant at belyse om nogle af disse problemfelter især manifesterer sig i særlige brancher.

Anvendt litteratur

Backenroth-Ohsako, G., P. Wennberg & B. Klinteberg (2003) "Personality and work life: A comparison between hearing-impaired persons and a normal-hearing population". *Social Behavior and Personality*. 31(2).

Backenroth, G. & B.H. Ahlner (1998) "[Hearing loss in working life - some aspects of audiological rehabilitation](#)". *International Journal of Rehabilitation Research*. 21 (3).

Christensen, V.T. (2006) *Nedsat hørelse og førtidig tilbagetrækning*. Arbejdspapir 05:2006. København: Socialforskningsinstituttet.

Clausen, T. (2003) *Når hørelsen svigter. Om konsekvenserne af hørenedsættelse i arbejdslivet, i uddannelsessystemet og for den personlige velfærd*. København: Socialforskningsinstituttet 03:01

Danermark, B. & L.C. Gellerstedt (2004) "Psychosocial work environment, hearing impairment and health". *International Journal of Audiology*. 43(7).

Danermark, B. (1998) "Hearing impairment, emotions and audiological rehabilitation: A sociological perspective". *Scandinavian Audiology*. 27(Suppl 49).

[Folmer, R.L.](#), S.E. [Griest](#), M.B. Meikle & W.H. [Martin](#) (1999) "Tinnitus severity, loudness, and depression". *Otolaryngology and head and neck surgery*. 125(4).

Fried, Y., S. Melamed & H.A. Ben-David (2002) "The joint effects of noise, job complexity, and gender on employee sickness absence: An exploratory study across 21 organizations--The CORDIS study". *Journal of Occupational and Organizational Psychology*. 75(2).

Grimby, A. & A. Ringdahl (2000) "Does having a job improve the quality of life among post-lingually deafened Swedish adults with severe-profound hearing impairment?" *British Journal of Audiology*. 34(3).

[Hallberg L.R.M.](#) & G. [Jansson](#) (1996) "Women with noise-induced hearing-loss: an invisible group?". *British Journal of Audiology*. 30(5).

Hallberg, L.R.M. & S.G. Carlsson (1992) "A qualitative study of strategies for managing a hearing impairment". I Hallberg, L.R.M. (1992) *Hearing impairment, coping and perceived handicap in middleaged individuals*. Göteborg: Psykologiska Institutionen, Göteborgs Universitet.

Hallberg, L.R.M. (1992) *Hearing impairment, coping and perceived handicap in middleaged individuals*. Göteborg: Psykologiska Institutionen, Göteborgs Universitet.

Kramer, S.E., T. Kapteyn & J.M. Festen (1998) "The self-reported handicapping effect of hearing disabilities". *Audiology*. 37(5).

Krause, N., J. Lynch, G.A. Kaplan, R.D. Cohen, D.E. Goldberg & J.T. Salonen (1997) "Predictors of disability retirement". *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 23(6).

Laroche, C., L. Garcia & J. Barette (2000) "Perceptions by persons with hearing impairment, audiologists, and employers of the obstacles to work integration". *Journal of the Academy of Rehabilitative Audiology*. 33.

McCay, V. & S. Greenberg (1999) "Violence in deaf and hard-of-hearing people: A review of the literature". *Aggression and Violent Behavior*. 4(3).

Melamed, S., Y. Fried & P. Froom (2001) "The interactive effect of chronic exposure to noise and job complexity on changes in blood pressure and job satisfaction: A longitudinal study of industrial employees". *Journal of Occupational Health Psychology*. 6(3).

[Melamed S.](#), J. [Luz](#) & M.S. [Green](#) (1992) "Noise exposure, noise annoyance and their relation to psychological distress, accident and sickness absence among blue-collar workers--the Cordis Study". *Israel journal of medical sciences*. 28(8-9).

[van Oyen, H.](#), J. [Tafforeau](#) & S. [Demarest](#) (2001) "The impact of hearing disability on well-being and health". *Sozial- und Praventivmedizin*. 46(5).

Robinson, S.K., J.R. McQuaid, E.S. [Viirre](#), L.L. Betzig, D.L. [Miller](#), K.A. [Bailey](#), J.P. [Harris](#) & W. [Perry](#) (2003) "Relationship of tinnitus questionnaires to depressive symptoms, quality of well-being, and internal focus". *The International Tinnitus Journal*. 9(2).

Schroedel, J. & P.D. Geyer (2000) "Long-term career attainments of deaf and hard of hearing college graduates: Results from a 15-year follow-up". *American Annals of the Deaf*. 145(4).

[Soderman A.C.](#), D. [Bagger-Sjoberg](#), J. [Bergenius](#) & A. [Langius](#) (2002) "Factors influencing quality of life in patients with Meniere's disease, identified by a multidimensional approach". *Otology & Neurotology*. 23(6).

Thaulow, I. C. Frische (2000) *Omstilling, ændrede krav og marginalisering. Casestudie*. København: Socialforskningsinstituttet 00:16.

[Uimonen S.](#), E. [Maki-Torkko](#) & M. Sorri (1998) "Hearing and occupation". *International journal of circumpolar health*. 57(2-3).

Weisel, A. & A. Kamara (2005) "Attachment and Individuation of Deaf/Hard-of-Hearing and Hearing Young Adults". *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. 10(1).

Appendix: Litteratursøgningsstrategi

I litteratursøgningen er følgende søgebaser blevet anvendt:

PsycInfo.com

PubMed

ISI Web of Science

Følgende søgning er blevet anvendt på alle tre baser:

(nois* OR heari* OR tinnitus* OR hyperacusis) AND (sick* OR absen* OR unemploy* OR job* OR labour* OR work* OR well being OR retire* OR vocation*)

Tidsmæssigt er søgningen afgrænset således, at der blot er anvendt litteratur, der daterer sig fra 1995 og fremefter. Ældre litteratur er dog blevet anvendt, såfremt denne litteratur var af en særligt interessant karakter.